PDF Page Organizer - Foxit Software

électronique

et

n°12
juin 1989
prairial CXCVIII (an 198)

20 FF/146 FB/7.80 FS
mensuel

explorez l'électronique

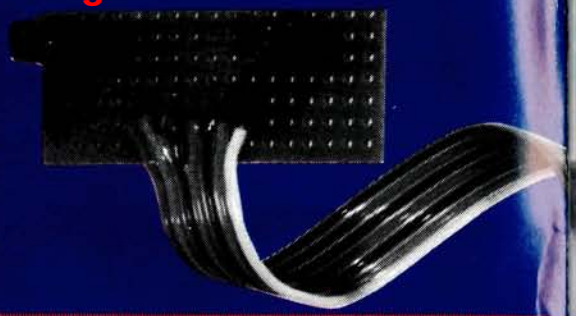
TRANSFORMATEURS

Dans ce numéro : tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur les transformateurs sans savoir à qui le demander ■ la bande dessinée de Résis et Transi ■ jeu de dé électronique ■ jeu de roulette électronique ■ les compteurs ■ cours d'électronique logique et analogique

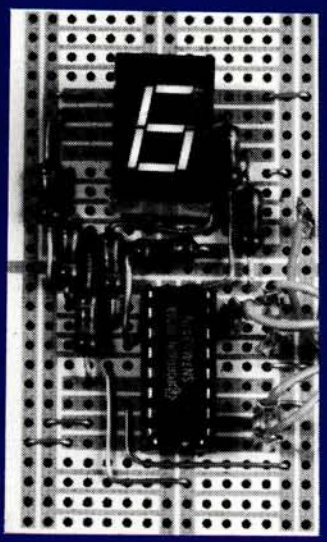
M 2510 - 12 - 20,00 F
3792510020001 00120

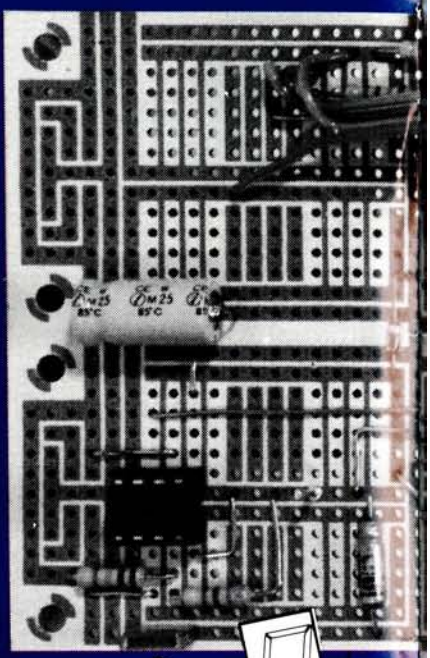
PDF Page Organizer - Foxit Software

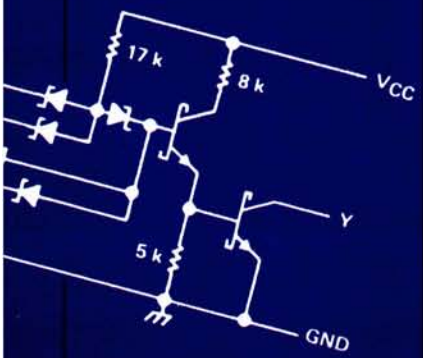
elex

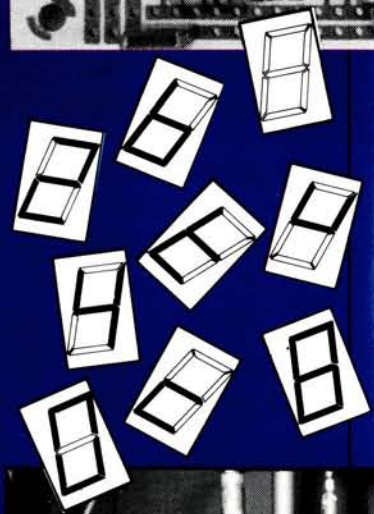


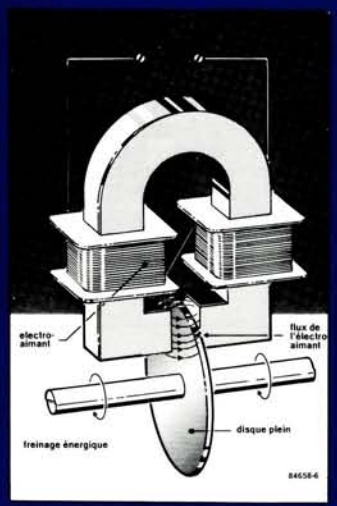
SOMMAIRE ELEX N°12











RUBRIQUES

6 · elexprime
23 · périscope : Mémotech
40 · périscope : oscilloscopes
29 · ABC : la bande passante

RÉSI&TRANSI

4 · tout se transforme !

INITIATION

41 · analogique anti-choc 7ème épisode
52 · la logique sans hic II (5ème partie)
57 · les afficheurs à sept segments

PRATIQUE

10 · 100 grammes de fer, autant de cuivre
13 · secondaires en série ou en parallèle
15 · cinq redresseurs
16 · transformateur inconnu
18 · alimentations standard
9 · elexpérience : l'élastique
22 · témoin de mise sous tension

RÉALISATIONS

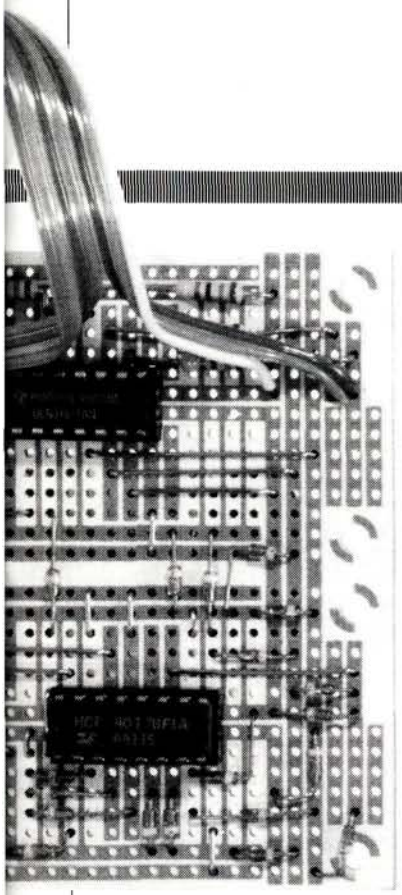
20 · ampèremètre sans shunt
2 · rossignol électronique
27 · testeur de continuité
31 · attache ta ceinture

COMPTEURS ET DIVISEURS

34 · dé électronique
37 · minuterie d'escalier
44 · roulette électronique
57 · feux tricolores

PDF Page Organizer - Foxit Software

éditorial



La couverture de ce numéro ne laisse aucun doute sur son sujet, *les transformateurs*, ni sur le matériau dont ils sont faits, *le cuivre* ! Si vous êtes sensibles aux grains de poussière, aux petites taches et autres auréoles que l'on voit sur la photographie de couverture, ne croyez pas que ce sont les stigmates d'un mauvais traitement du cliché. Le photographe n'a pas démérité, le photograveur non plus. Ces imperfections témoignent sans fard de l'usure des accessoires photographiés.

Une mise en garde s'impose. Le découpage de phase traité dans le dernier numéro représentait un danger en puissance du fait de la présence de la tension du secteur sur les circuits manipulés. Il en va presque exactement de même pour les transformateurs qui, s'ils nous permettent d'opérer sous de basses tensions au secondaire, restent en contact direct avec le secteur du côté du primaire. **Ce numéro d'ELEX n'est donc pas moins dangereux que le précédent**.

Quatre réalisations sont à base de compteurs-diviseurs dont l'étude abordée le mois dernier dans la rubrique *la logique sans hic* se poursuit avec notamment l'apparition du premier afficheur à sept segments. Quatre autres réalisations sans lien thématiques précis introduisent une note de diversité.

Dans la rubrique ELEXPRIME, le courrier des lecteurs fait une large place aux messages du minitel et à la carte-réponse COUP DE SAVATE - COUP DE CHAPEAU. N'allez pas croire que l'absence de cette carte détachable en page 61 et 62 des derniers numéros d'ELEX signifie que nous renonçons à cette forme de communication directe avec nos lecteurs. Nous accordons bien au contraire la plus grande attention à ce genre de messages : concis, éloquents !

Nous vous encourageons à continuer de réagir ainsi sur le vif, soit sur une feuille volante où vous jetterez vos idées vite fait, bien fait, soit sur les cartes CHAPEAU/SAVATE que vous trouverez dans d'anciens numéros de votre collection.
A propos de collection, vous noterez l'apparition de la nouvelle cassette de rangement plastifiée et portant sur la tranche le logo d'ELEX (cf encart page 61 de ce numéro).

PS : Le système expérimental de transmission de signaux par l'infra-rouge annoncé au conditionnel dans l'éditorial du mois dernier passera le mois prochain – promis juré – dans un numéro consacré entre autres à l'utilisation de la lumière en électronique : LDR, LED, afficheurs à cristaux liquides, etc . . .

cliché LEGRAND

Selectronic

TEL. 20.52.98.52 - 86 rue de Cambrai BP 513 - 59022 Lille Cedex

LE LEADER DE L'ELECTRONIQUE PAR CORRESPONDANCE

Vous propose en kit les réalisations décrites dans ELEX !

Nos kits ne comprennent que du matériel professionnel pour un fonctionnement sûr. Des supports de circuits intégrés sont fournis si nécessaires. Par contre, le circuit imprimé est à prévoir en sus, ainsi que le coffret éventuel (Consulter notre catalogue général).

	REFERENCE DU KIT	PRIX DU KIT	CIRCUIT IMPRIME A PREVOIR	COFFRET CONSEILLE (EN OPTION)
ELEX n° 1				
Testeur de continuité (avec H.P.)	101.8580	58,00 F	①	RG2
Sirène de vélo (avec H.P.)	101.8581	70,00 F	①	30M
Testeur de transistors	101.8582	50,50 F	①	RG2
Alimentation stabilisée 0 à 15 V (avec 2 galvas)	101.8583	345,00 F	②	EB16/08
Balance pour auto-radio	101.8584	51,00 F		RG1
Commande de plafonnier	101.8585	41,00 F	①	–
ELEX n° 2				
Gradateur pour lampe de poche	101.8586	20,00 F	①	–
Minuteur de bronzage (avec buzzer)	101.8587	85,00 F	②	RG3
Ressac électronique	101.8588	22,00 F	①	RG1
Ohmmètre linéaire (avec galva)	101.8589	143,00 F	①	RG3
Gyrophare de modèle réduit	101.8590	32,00 F	①	–
Etage d'entrée pour multimètre	101.8591	32,00 F	①	RG2
Chargeur d'accus universel	101.8592	174,00 F	①	EB16/08
Platine d'expérimentation DIGILEX	101.8593	186,00 F	④	RA2
ELEX n° 3				
Minuterie électronique (avec H.P.)	101.8594	54,00 F	①	RG2
Testeur de polarité	101.8595	22,00 F	①	RG1
Arrosage automatique	101.8596	53,00 F	①	RG2
Décade de résistance	101.8597	165,00 F		EB21/08
Thermomètre	101.8598	126,00 F	①	RG3
Décade de condensateurs	101.8599	142,00 F		EB21/08
ELEX n° 4				
Compte tours (avec galva)	101.8611	123,50 F	①	RG2
Mini amplificateur TDA 2003	101.8612	38,50 F	①	RG2
Régulateur de vitesse pour mini-perçeuse	101.8613	216,00 F	②	RG4
ELEX n° 5				
Amplificateur de poche "CANARI"	101.8610	36,50 F	①	RG2
Variateur de vitesse pour caméra	101.8614	65,00 F	①	RG2
Alimentation universelle	101.8615	184,00 F	②	RG4
Traceur de courbes pour transistors	101.8616	25,00 F	⑤	20M
Relais temporisé	101.8617	68,00 F	①	–
Touche à effleurement	101.8618	52,50 F	②	RG3
Testeur de diodes Zener	101.8619	59,00 F	①	RG2
ELEX n° 6				
Corne de brume pour modélisme	101.8620	32,00 F	①	RG1
Photomètre électronique	101.8621	53,00 F	①	RG2
Feux de stationnement	101.8622	62,00 F	①	RG1
Mini-alarme	101.8623	29,00 F	①	RG1
Balisage automatique	101.8624	29,00 F	①	RG1
Bruiteur "DIESEL" pour modélisme	101.8625	26,00 F	①	RG1
ELEX n° 7				
Indicateur de gel	101.8626	28,00 F	①	RG1
Sirène (avec H.P.)	101.8627	75,00 F	①	RG4
Lampe de poche pour labo photo (avec boîtier HEILAND)	101.8608	58,00 F	①	
ELEX n° 8				
Ampli pour micro	101.8651	30,00 F	①	RG2
Régulation train électrique (avec coffret pupitre ESM)	101.8652	248,00 F	②	
Ampli "POUCHE-POULE" (avec H.P.)	101.8654	35,00 F	①	RG2
Métronome (avec H.P.)	101.8655	43,00 F	①	RG2
ELEX n° 9				
Alim. 12 V / 3A (avec radiateur)	101.8656	275,00 F	①	EB21/08
Inter à claques	101.8657	70,00 F	②	RG3
Circuit de pontages pour train (avec alim.)	101.8658	210,00 F	②	RG3
ELEX n°10				
Jeu d'adresse (avec alim.)	101.8659	138,00 F	②	–
Amplificateur d'antenne FM (avec alim.)	101.8660	152,00 F	②	RG3
Mesureur de champ	101.8661	79,00 F	①	RG2
Récepteur G.O.	101.8662	66,00 F	①	–
Adaptateur Fréquencemètre	101.8663	67,00 F	①	RG2
Gong à 3 notes	101.8664	85,00 F	①	RG2
ELEX n° 11				
Chenillard (avec 7 ampoules)	101.8744	187,00 F	②	RG4
Mémoire de sonnette	101.8745	26,00 F	①	RG1
Servo-flash	101.8746	53,00 F	①	RG1
Eclairage de modèle réduit	101.8747	119,00 F	①	RG1
LOUPIOPHONE	101.8748	246,00 F	②	RG1+4
Allumage de phares	101.8749	30,00 F	①	RG1
Extinction de phares	101.8754	27,00 F	①	RG1
ELEXPOSE	101.8764	87,00 F	①	RG4
ELEX n° 12				
Roulette électronique	101.8755	59,00 F	①	RG2
Rossignol électronique	101.8756	45,00 F	①	RG1
Afficheur 7 segments	101.8757	25,00 F	①	–
Dé électronique	101.8758	33,00 F	②	RG1
Minuterie d'escalier	101.8759	95,00 F	①	RG1
			①	RG3
"Mets ta ceinture"	101.8762	45,00 F	①	RG1
Testeur de continuité	101.8763	55,00 F	①	RG1

PRIX PAR QUANTITE : NOUS CONSULTER

CIRCUITS IMPRIMÉS ELEX	REF. SELECTRONIC	PRIX
① Platine n° 1 40 x 100 mm	101.8485	23,00 F
② Platine n° 2 80 x 100 mm	101.8486	38,00 F
③ Platine n° 3 160 x 100 mm	101.8487	60,00 F
④ Platine DIGILEX	101.8488	88,00 F
⑤ Platine EPS 886087	101.8489	47,60 F

COFFRETS EN OPTION : Ces coffrets sont donnés à titre indicatif comme convenant au montage correspondant (voir notre CATALOGUE GENERAL)

- RG1	103.7640	23,00 F
- RG2	103.7632	28,50 F
- RG3	103.7641	39,00 F
- RG4	103.7642	52,00 F
- RA2	103.2303	103,00 F
- 20M	103.2283	16,20 F
- 30M	103.2285	27,50 F
- EB21/08 FA	103.2215	77,40 F
- EB16/08 FA	103.2211	61,00 F

CONDITIONS GENERALES DE VENTE

Règlement à la commande : Commande inférieure à 700 F : ajouter 28,00 F forfaitaire pour frais de port et emballage.
Commande supérieure à 700 F : port et emballage gratuits.
- Règlement en contre-remboursement : joindre environ 20 % d'acompte à la commande. Frais en sus selon taxes en vigueur.
- Colis hors normes PTT : expédition en port dû par messageries.
Les prix indiqués sont TTC.

Pour faciliter le traitement de vos commandes, veuillez mentionner la REFERENCE COMPLETE des articles commandés

PDF Page Organizer - Foxit Software

elexprime

Le "chapeau" de la rubrique Elexprime des numéros précédents précisait qu'elle entendait refléter l'humeur de ceux et celles qui prennent la peine de nous écrire et à qui il ne nous est pas possible de répondre individuellement. C'est toujours vrai et, comme on vient de nous le rappeler "d'en haut", cette rubrique n'est pas faite pour refléter l'humeur des rédacteurs. Bien, Chef ! Si donc vous croyez trouver dans les lignes qui suivent un seul mot de notre part qui puisse passer pour ironique ou agressif, ou pour un trait d'humour, sachez que vous vous trompez, ou bien c'est pas exprès.

Un lecteur de Saint-Raphaël, **Olivier Koloudoff**, nous demande si les questions restent sur le forum du serveur minitel ELEX. Oui bien sûr, les questions et les réponses que vous apportez restent pendant plusieurs jours, voire des semaines, en attendant qu'elles soient chassées par les questions de nouveaux arrivants. C'est justement ça l'intérêt du forum : une espèce de bloc-notes public sur lequel vous échangez vos informations. Le forum n'est donc pas une messagerie de communication directe ordinaire et sa mise au point n'a pas été facile. Profitons-en pour rappeler le détail des rubriques de notre serveur, avec les mots-clés correspondants :

XSOM	le sommaire d'ELEX par thèmes et par rubriques
XCOM	les composants électroniques
XPUB	le catalogue PUBLITRONIC (circuits imprimés et livres)
XANN	les petites annonces
XFOR	le forum (questions et réponses techniques)
XMES	une messagerie en direct
XABO	les conditions d'abonnement et les tarifs

(NB: la mise à jour de la rubrique XSOM n'est pas assurée en ce moment pour cause de congé de maternité; eh oui, ça arrive même aux elextroniciennes)

Un autre correspondant nous demande par minitel de lui expliquer dans sa BAL (Caramel2) *comment connecter une machine à écrire Olympia Carrera à un ordinateur Atari ST*. Précisons d'emblée que si nous citons cette demande ici, ce n'est pas pour y répondre (s'il nous reste un peu de place, on répondra quand même, parce qu'on est pas des bêtes).

Une telle demande est caractéristique d'un malentendu généralisé que nous tenterons de dissiper. De nombreux lecteurs, amateurs passionnés d'électronique, totalement **isolés** les uns des autres pressentent que l'équipe d'électroniciens d'ELEX, possède les connaissances dont ils aimeraient profiter pour résoudre des problèmes spécifiques. Ce sentiment et les demandes qui en découlent, exprimées par lettres, par téléphone ou par minitel, sont parfaitement légitimes et souvent justifiées. Nous en tenons compte dans notre planification, nous essayons d'y répondre indirectement par le choix des thèmes et des articles ainsi bien sûr que par leur contenu, puisque c'est la vocation d'un magazine d'initiation.

Comprenez bien qu'il nous est impossible en revanche de tout lâcher pour nous pencher sur des problèmes excentriques, c'est-à-dire loin des intérêts communs. Reprenons brièvement l'exemple de la machine à écrire. A priori, c'est une excellente idée de commander une machine à écrire avec un ordinateur. Passons sur le fait que l'ATARI ST n'est certainement pas la machine idéale pour cela, puisqu'il na pas de port de sortie universel en dehors du port Centronics. Si la machine à écrire était dotée d'une interface Centronics, c'est-à-dire d'une entrée conçue pour le branchement d'un ordinateur, le problème serait déjà résolu.

Ensuite il faudrait savoir pourquoi on veut faire cela : si c'est à des fins utilitaires, il vaut mieux ne pas perdre son temps à bricoler dans un domaine que l'on ne maîtrise pas. Si au contraire c'est justement pour faire ses armes dans le domaine de l'interfaçage sans but vraiment utilitaire, alors l'idée est bonne. Malheureusement elle demande des développements qui prendraient au moins plusieurs dizaines de pages de ce magazine, compte tenu du fait que nous n'avons pas encore abordé des sujets de ce genre. Bref, la fonction d'ELEX n'est pas de vous raconter comment interconnecter des appareils qui ne sont pas faits pour cela; sa fonction est au contraire de vous donner petit à petit le bagage nécessaire pour étudier vous-même la solution d'un tel problème, quitte à ce que ce ne soit que pour adapter une interface existante à vos besoins. Dans cet ordre d'idées, ce que nous pouvons faire de mieux pour l'instant, est de vous renvoyer à un circuit décrit dans l'**excellent magazine d'électronique ELEKTOR, il y a quelques années déjà : n°72 de juin 1984.**

Le principe consiste à utiliser l'interface Centronics du micro-ordinateur, peu importe lequel, pour commander une matrice qui simule les contacts des touches du clavier de la machine à écrire. La machine en question était une Smith Corona et l'électronique de son clavier n'a bien sûr rien d'universel. Par ici les adaptations !

En conclusion, rien ne vous interdit de nous demander comment interconnecter tel appareil à tel autre appareil. Sachez néanmoins que même si vous joignez les schémas à votre demande, il nous est impossible, faute de temps, de nous consacrer à de telles recherches. Le forum du serveur d'ELEX a été conçu en revanche pour vous permettre de rechercher des correspondants sensibles aux questions que vous vous posez et qui disposent peut-être déjà d'éléments de réponse qu'ils voudront bien vous communiquer.

Autre message reçu sur le serveur ELEX :
«Je voudrais savoir la liste des revendeurs de composants dans la région de Puiseaux-Montargis (Nord Loiret, Sud Essonnes)» nous demande un correspondant resté anonyme.

Cette liste est en préparation; nous espérons être en mesure de vous présenter dans chaque numéro à partir de la rentrée une page d'adresses de revendeurs de composants. A ce propos, Mesdames et Messieurs les Revendeurs intéressés, faites-nous connaître sans délai vos coordonnées détaillées et nous les reprendrons dans cette liste. Offre à saisir, publicité gratuite. A terme, nous transférerons cette liste sur le serveur (mais nous n'en sommes pas encore là).

Monsieur,
Étant à la recherche d'une alimentation pour mon réseau miniature, j'ai lu avec beaucoup d'intérêt votre article concernant un régulateur de vitesse pour train miniature décrit dans Elex n°8. Cependant le régulateur décrit dans votre revue n'est pas assez puissant pour alimenter 5 locomotives. Il me faudrait une alimentation capable de fournir 18 V/4 A. Une modification de votre régulateur est-elle possible ? Si oui quelles sont les modifications à réaliser pour obtenir 18 V 4 ampères.
(. . .)
P.S. Bravo pour votre revue.

Paul ROTH
57110 KOENIGSMACKER

L'alimentation du n°8 que vous citez est conçue pour une locomotive et il est bien normal qu'elle ne suffise pas pour 5 machines. Pensez-vous vraiment qu'il soit intéressant de commander vos 5 motrices simultanément, avec le même bouton ?

Nous vous suggérons plutôt de monter un régulateur par train, chacun alimentant un tronçon de voie isolé des autres. Si votre matériel roulant demande 18 V, il n'y a aucun inconvénient à remplacer le transformateur prévu par un modèle 18 V/1 A, à condition de remplacer aussi la résistance R9 de 680 Ω par une résistance de 1 kΩ.

Si vous voulez alimenter l'ensemble de vos régulateurs par un seul transformateur et un seul pont, remplacez les diodes 1N4001 par des 1N5401 jusqu'à 3 A, et par un pont moulé 10 A au-delà. Le condensateur C4 sera unique lui aussi et vous appliquerez la règle empirique qui a fait ses preuves : 1000 µF par ampère.

Bien entendu vous ferez attention à la tension de service qui devra être supérieure à la tension de crête du secondaire du transformateur (tension efficace x √2).

PDF Page Organizer - Foxit Software

Pour elexprime
Bonjour,
Je voudrais tout d'abord vous féliciter pour votre revue, qui, à quelques détails près, correspond à ce que j'attendais. Parmi ces détails, je regrette parfois le manque de montages simples (clignotants, gradateurs etc..)
Ceci dit, la lecture de l'article "Crooner sur 1852 m" paru dans le n°10, page 12 (d'Elex, vous l'auriez deviné) m'a posé un problème. En effet, vous dites que la bande FM "joue" sur la variation de fréquence. Vous avez certainement raison, mais dans ce cas, pourriez-vous me dire pourquoi les stations de radio FM se caractérisent par leur fréquence (ou longueur d'onde) ?

L'électronique est une activité passionnante mais, il faut bien l'avouer, elle coûte assez cher. C'est pourquoi je vous demande si vous pourriez faire paraître 1 ou 2 montages pouvant servir à un père ou une mère de famille qui de ce fait seraient sans doute plus d'humeur à financer mon activité favorite.

Merci d'avance.

P.S. Bravo pour les couvertures d'Elex.

Jean-Marc AUTRET
29250 SAINT POL DE LÉON

Nous essayons de rendre faciles à comprendre des montages pas tout à fait simples. C'est ce qui semble faire l'intérêt de la revue aux yeux de certains. Un montage vraiment trop simple n'apporterait rien à personne. Le montage qui vous paraît compliqué aujourd'hui vous paraîtra simple quand vous l'aurez fait fonctionner, et vous aurez appris quelque chose.
La fréquence qui caractérise un émetteur FM est celle de la ***porteuse****. La modulation consiste à faire varier la fréquence, mais de quelques kilohertz ou dizaines de kilohertz seulement, de part et d'autre de cette fréquence centrale. On parle de swing ou mieux d'****excursion*** *en fréquence. Les CiBistes savent tous qu'une porteuse pure rend les récepteurs sourds et les laisse muets. Nous ne connaissons pas assez les goûts de vos parents pour présenter des montages spécialement étudiés à leur intention. Nous ne pouvons que les féliciter pour le bon goût, la curiosité et les sentiments familiaux dont leur fils fait preuve. Que pense Madame votre mère du "Loupiophone" du n°11 ? Et de l'arrosage automatique du n°3 ? Et que pense Monsieur votre père du témoin de feux stop du n°2 ? Et du témoin de fusibles du n°4 ?*

Chose promise, chose due :
A la suite de nos appels des deux numéros précédents, les revendeurs suivants nous font savoir qu'ils disposent d'oscilloscopes Torg CI 94 (Rappelons qu'il s'agit d'un appareil à très bas prix, simple, mais sur lequel un triangle est un triangle, un sinus un sinus, etc. Un bon appareil d'initiation, en somme).

SELECTRONIC 1350,00 F franco de port
86 rue de Cambrai
59022 LILLE
20 52 98 52
(qui a été le premier à répondre, les autres par ordre alphabétique)

INNOVE Electronique 1290,00 F port 60,00 F
20 avenue de Nancy
57000 METZ
87 66 44 96

MABEL Electronique 1290,00 F port 80,00 F
35 rue d'Alsace
75010 PARIS
40 37 72 50

RAM 1290,00 F port non communiqué
131 Bd Diderot
75012 PARIS
43 07 62 45

STAREL 1290,00 F port 60,00 F
146-148 rue du Château
75014 PARIS
43 20 00 33

Messieurs,
Je suis abonné à Elex depuis le premier numéro, et le temps manque pour étudier le maximum de montages intéressants que vous proposez chaque mois. La preuve, c'est l'alimentation universelle du numéro de novembre 1988 qui a retenu mon attention. Elle pourrait rendre de grands services dans nos laboratoires du lycée, mais je crains un non-fonctionnement.
En effet, (voir documents fournis) les brochages du L200 que vous indiquez et qui sont cohérents tout au long de l'exposé, ne correspondent pas avec les brochages de SGS/ATES trouvés dans le "Guide des circuits intégrés" de Publitronic. (. . .) pourriez-vous me confirmer votre montage et me dire quel constructeur correspond à votre brochage ? (. . .)

Patrick DAVID
Enseignant en électrotechnique
78100 SAINT GERMAIN EN LAYE

Nous sommes au regret (pour Publitronic) de vous faire savoir que nous avons raison quant au brochage du L200. Publitronic a rectifié dans les éditions suivantes de son guide l'erreur qui a provoqué vote question. Bravo pour le soin que vous apportez à la préparation de vos T.P., et partez confiant avec cette alimentation qui vous rendra, comme vous le dites, de grands services.

(. . .) alimentation universelle parue dans Elex n°5 page 16 (. . .) Il est impossible pour une tension affichée de faire varier l'intensité du courant sans que la tension varie également; et inversement. Pour une intensité donnée, toute variation de tension entraîne une variation d'intensité (. . .) Les bilans de puissance sont cohérents alors qu'ils ne devraient pas l'être, puisque je dois pouvoir faire varier U et I indépendamment, et donc faire varier la puissance. Si j'ai bien compris la finalité de cette alimentation je dois pouvoir par exemple afficher 15 V et faire varier l'intensité entre 0 et 1 A or ce n'est pas le cas. Au secours donc !
Avec mes remerciements, et bravo pour l'étude sur les "alim" à tension fixe elex n°10 clair, net, précis impossible de ne pas comprendre. (. . .)

M. Robin
40000 MONT DE MARSAN

Les relevés de mesures que vous joignez à votre lettre montrent que votre alimentation fonctionne parfaitement. Les petites divergences par rapport aux valeurs théoriques que vous soulignez sont le fait d'une "dispersion" de caractéristiques des composants inévitable et sans conséquence sur le fonctionnement.
Quant à la possibilité de faire varier indépendamment la tension et l'intensité, entendons nous bien :
L'alimentation est une ***source de tension stabilisée****. Elle fournit tout le courant demandé par la charge, en maintenant constante la tension aux bornes de sortie (et de la charge), aussi longtemps que la loi d'Ohm le lui permet. C'est-à-dire que si la résistance de la charge est trop faible et que l'intensité demandée dépasse la limite prévue par votre réglage, le régulateur réduira la tension de sortie, pour ramener l'intensité dans les limites fixées. De façon générale, il faut réduire la tension pour faire diminuer l'intensité lorsque on ne peut pas agir sur la résistance.*
Si, au contraire, la résistance de la charge est "trop" forte, la limite d'intensité ne sera pas atteinte. Il n'y a pas de dérogation à la loi d'Ohm et vos calculs de puissance ***doivent*** *être cohérents.*

La limitation d'intensité est une protection, pas une commande. *Dans le cas extrême du court-circuit, le régulateur laisse la tension s'effondrer, mais l'intensité reste égale au maximum autorisé par votre réglage. Lorsque vous réglez le potentiomètre d'intensité sur 0,5 A par exemple, l'alimentation débitera effectivement 0,5 A si la tension est de 12 V et que la résistance de la charge est de 24 Ω. Si la résistance de la charge est de 48 Ω, la tension sera toujours de 12 V, mais l'intensité sera 0,25 A. Si la résistance de la charge est de 0 Ω (valeur théorique du court-circuit) l'intensité sera de 0,5 A, mais la tension nulle (théoriquement). C'est ainsi que vous pouvez utiliser l'alimentation universelle en* ***source de courant constant*** *: l'intensité sera constante tant que la résistance sera inférieure ou au plus égale à 24 Ω; ou à 48 Ω si vous portez à 24 V la consigne de tension.*

Bonjour à toute l'équipe Elex
Pratiquant l'électronique depuis bientôt dix ans et faisant très peu parler de moi, je me révolte contre certains de vos lecteurs qui s'expriment dans "Elexprime". Elex étant un magazine pour débutants, pourquoi donc ces messieurs nous rebattent les oreilles avec leurs oscilloscopes et leurs montages complexes, allons ne soyez chauvins, et sachez patienter, je voudrais vous voir si après dix mois d'électronique on vous mettait un scope entre les mains votre réaction ! Donc merci de votre compréhension à l'égard des "bleus". (Mille excuses pour ce terme !)
Notez tout de même que si fort que vous semblez être au travers de vos écrits, d'autres magazines plus "costauds" sont eux aussi là pour vous écouter.
Par bonheur pour nos amis débutants la rédaction d'Elex sait nous faire patienter je l'en remercie. Excusez moi messieurs "les super cracks" pour mes paroles si rudes, mais j'estime qu'il fallait le dire, vous savez moi aussi je brûle d'impatience de découvrir toujours plus loin en électronique, mais mon petit avantage sur vous, je sais me dominer et patienter HI.
Voilà, je termine espérant être publié dans le prochain numéro d'Elex.

Elextrêmement votre
Joël SIBORA
02000 LAON

L'oscilloscope, en permettant de voir ce qui se passe, est par excellence l'instrument du débutant. C'est lui qui vous fera un dessin chaque fois que vous ne comprenez pas, tout comme nous avons recours à un dessin quand nous avons du mal à expliquer.

PDF Page Organizer - Foxit Software

Mon (grand) coup de chapeau
Article : Elexprime Résí et Transi
J'aime les gens qui ont de l'humour et du répondant; l'originalité de l'électronique en BD.

Mon (petit) coup de savate
Article : Tous ou presque
Absence de typons pour les réalisations complexes. Cela permettrait au débutant d'apprendre à concevoir son propre circuit imrimé.

DIAZ
Chateauroux

ZAITRI Michel
70 Bis Avenue de la Princesse
78110 Le VESINET

Le 30 04 89

Bonjour élex.

Je suis en train de réaliser l'amplificateur d'antenne FM élex n° 10 page 20 . mon antenne (antenne intérieure en T qu'on colle au mur) fait d'après la notice 300 Ω et je me demande s'il faut un adaptateur d'impédance. Dans ce cas pourriez-vous m'en envoyer le shéma ou en publier un car mes connaissances en ce domaine sont très limitées merci à l'avance.

Pour le BFT 65 c'est très difficile à trouver mais si cela peut interresser il en ont chez CIBOT 1 & 3 rue de Reuilly 75012 PARIS.

Pour l'oscilloscope TORG il est en promo a 1430 F chez KN électronic 100, Bd. Lefèbvre 75015 paris

Voila en attendant votre réponse je vous salue amicalement.

Michel Zaitri

Zaitri

Merci des renseignements. Pour votre ampli d'antenne, il faut un adaptateur d'impédance **si et seulement si** l'entrée de votre syntoniseur (ou récepteur) est en 300 Ω. Dans ce cas, montez un symétriseur comme c'est indiqué au paragraphe "impédances" page 22 du n°10.

Mon coup de chapeau
Article : Logique sans hic
Explications bien argumentées et les cours ne sont pas ennuyeux.
Mon coup de savate
Article : Logique sans hic II (3ème partie)table de vérité incorrecte avec porte NOR
Le chronogramme n'est pas conforme à la table de vérité. Quand C et D = 0, Q = 1 sur la table de vérité et 0 sur le chronogramme ? Sauf erreur de ma part !

BECOURT
GAP

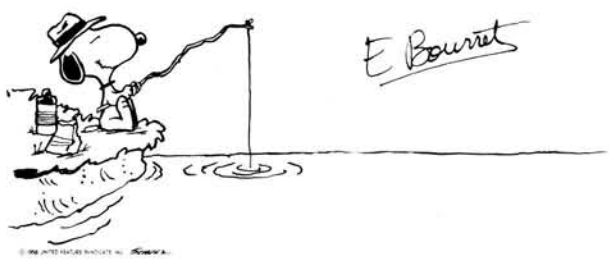
Personne ne s'est trompé, mais vous oubliez de considérer l'état de la sortie **après** le front actif de l'entrée d'horloge. Reportez-vous au n°9 page 55, et permettez-nous d'insister : ". . . dans le fonctionnement des bascules est pris en compte non seulement le rapport entre les niveaux logiques présents instantanément aux entrées des opérateurs, mais aussi le résultat de combinaisons antérieures. Dans le schéma d'une bascule on voit que la sortie d'un opérateur peut être réinjectée sur l'entrée d'un autre opérateur.
Il est indispensable dès lors de compléter l'analyse de leur fonctionnement par des chronogrammes comme celui-ci : . . .
Seuls de tels diagrammes sont capables de prendre en compte le temps . . ."
La suite est intéressante aussi.

Mon coup de chapeau
Article : Tous les articles Simples.
Mon coup de savate
Article : Tous les articles "Réalisations"
Manque au début et en fin d'article les caractéristiques et le mode d'emploi (en résumé).

Y. JOLY
94100 SAINT MAUR

Ci joint bulletin pour continuer l'abonnement dont l'échéance est juin 89 - (en ce qui me concerne)
Et bravo pour une revue très plaisante et efficace.
En condensé, je ne résiste pas au plaisir d'être au courant, recevez mes salutations amplifiées et accompagnées d'un chèque.

E Bourret



Mon coup de chapeau

Pour la clarté des dessins et des schémas
C'est bien de ne pas concentrer vos articles pour optimiser la surface de papier au détriment de la "clarté Elex" qui permet de comprendre du premier coup d'oeil.

Mon coup de savate

néant (NDLR)

Jean Yves HONSTETTRE
05000 GAP

Mon coup de chapeau
Article : La réception HF et Crooner
Très bon article pour étudiants

Mon coup de savate
Article : Elixir
Arrivés au n°10 je crois qu'il serait temps de cesser !

Jacky BORREMAN
200 St TROND Belgique

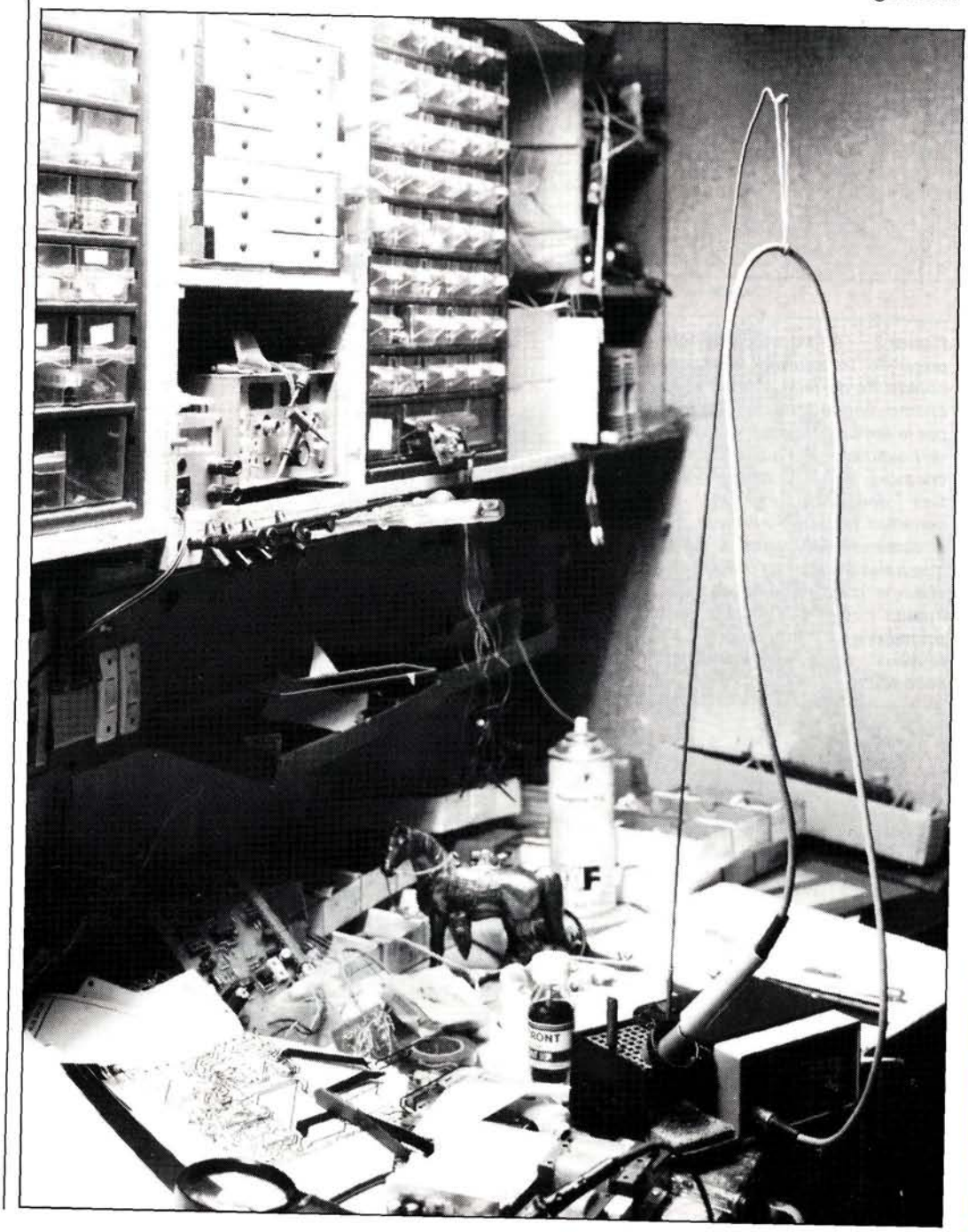
elexprime

PDF Page Organizer - Foxit Software

GAG DIT DE L'ÉLASTIQUE "Le Chinois n°4"

Un travail productif suppose une bonne organisation, et un agencement rationnel des postes de travail, comme le confirme la photographie ci-dessous.
Il est indispensable d'avoir à portée de main les composants, les outils, les documents, en un mot tout ce qu'on utilise pour mener à bien une réalisation, ce que ne dément pas la photographie ci-dessous.
Mais quelle horreur quand les fils du fer à souder se promènent sur un établi si ordonné par ailleurs, jusqu'à rencontrer parfois la panne du fer, ce qui n'arrivera jamais sur la photographie ci-dessous !

Disposer une prise 220 V à l'avant de la table la dégage déjà quelque peu, mais il reste le cordon qui relie le transfo-régulateur au fer proprement dit et que l'on reconnaît distinctement sur la photographie ci-contre.



UNE IDÉE CARRÉMENT GÉNIALE

Un de nos collaborateurs se propose de breveter le système de la **photographie...** enfin, vous voyez de quoi je veux parler.

Quelle que soit la position de la carte sur laquelle vous opérez, dans un rayon de 80 cm, le cordon du fer suit docilement votre main, sans s'accrocher aux composants ou appareils qui se trouvent sur le plan de travail. De plus, le dispositif représenté soulage votre main du poids du cordon et diminue donc la fatigue des muscles de l'avant-bras, particulièrement les fléchisseurs de l'index et du majeur.

Le dispositif peut s'adapter sans difficulté aux impératifs des gauchers, puisqu'on n'a pas encore mis en oeuvre de grand projet eugénique ni de programme de rééducation.

LA CONSTRUCTION

La corde à piano est maintenue par un tube de laiton dans le trou destiné initialement à la vis Parker ∅ 5 de fixation de la grille. Le tube de laiton empêche la corde à piano de prendre trop de gîte, le jeu permet à l'ensemble de pivoter au gré des déplacements du cordon.

L'élastique absorbe les mouvements de faible amplitude et procure une fixation facilement amovible sans meurtrir le cordon.
Tous les éléments de la construction se trouvent sur l'établi ou dans les tiroirs du modéliste moyen.

896103X

Liste du matériel nécessaire
1 brin de corde à piano de ∅ 3 mm, longueur 75 cm
1 morceau de tube de laiton ∅ 4-3 mm, longueur 12 cm
1 élastique marque "Le Chinois" n° 4

PDF Page Organizer - Foxit Software

Cent grammes de fer et cent grammes de cuivre

«Compte-tenu du coefficient de foisonnement», ou tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur les transformateurs

Le poids ! C'est ce qui vous permet de reconnaître l'endroit où se trouve le transformateur dans un appareil électronique alimenté par le secteur. Le transformateur, avec son volumineux noyau en fer, est le composant le plus massif et le plus lourd de la plupart des appareils. Les fabricants ont multiplié les tentatives de remplacement de ce paquet de tôles pesant et encombrant.

Pourquoi ce noyau en fer est-il nécessaire ? Les champs magnétiques qui transportent l'énergie du primaire vers le ou les secondaires ne se propageraient-ils pas aussi bien dans l'air (et même dans le vide) ? Deux bobinages juxtaposés sans noyau magnétique ne constituent-ils pas un transformateur ?
Oui en principe, mais il s'agira là d'un piètre transformateur si on le juge à son rendement électrique.

Le magnétisme se propage infiniment moins bien dans l'air que dans le fer. L'intérêt du noyau magnétique est qu'il permet de créer un champ magnétique plus important avec un courant moins intense. Les fabricants de tôles pour noyaux magnétiques ont cherché à optimiser autant la qualité du matériau que la forme des empilements.

Les lignes de force du champ magnétique, représentées par des flèches, ont la propriété de se refermer sur elles-mêmes. Dans le cas de l'aimant en fer à cheval de la **figure 1**, elles se propagent du pôle nord vers le pôle sud dans l'air libre, et retournent du pôle sud vers le pôle nord à l'intérieur de l'aimant. Pour éviter au champ magnétique du transformateur cet épuisant trajet à l'air libre, on lui offre un circuit ininterrompu dans un noyau fermé. Dans le noyau de la **figure 2**, deux chemins s'offrent aux lignes de force, passant tous les deux par le centre du noyau, où le champ magnétique est à la fois créé par l'enroulement primaire et transformé en énergie électrique par les enroulements secondaires (**figure 3**). Notez que le sens des lignes de force n'est pas

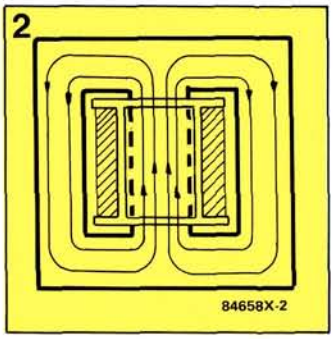


Figure 2 - Les noyaux magnétiques de transformateurs sont construits de telle façon que le champ magnétique soit refermé par le fer. Le schéma représente un noyau en E et I qui offre deux chemins au flux magnétique. Ces deux circuits ont en commun la partie centrale qui traverse les bobinages. C'est là que naissent et sont utilisés les champs magnétiques; ils sont induits par l'enroulement primaire et induisent une tension dans l'enroulement secondaire.

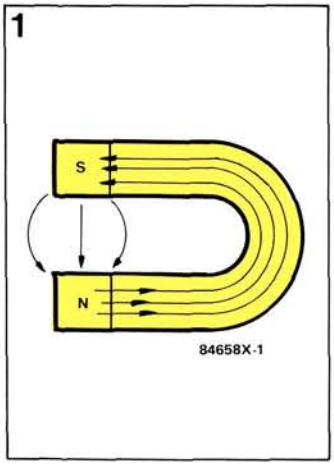


Figure 1 - Les lignes de force du champ magnétique sont toujours fermées, que ce soit dans l'air ou dans un matériau magnétique.

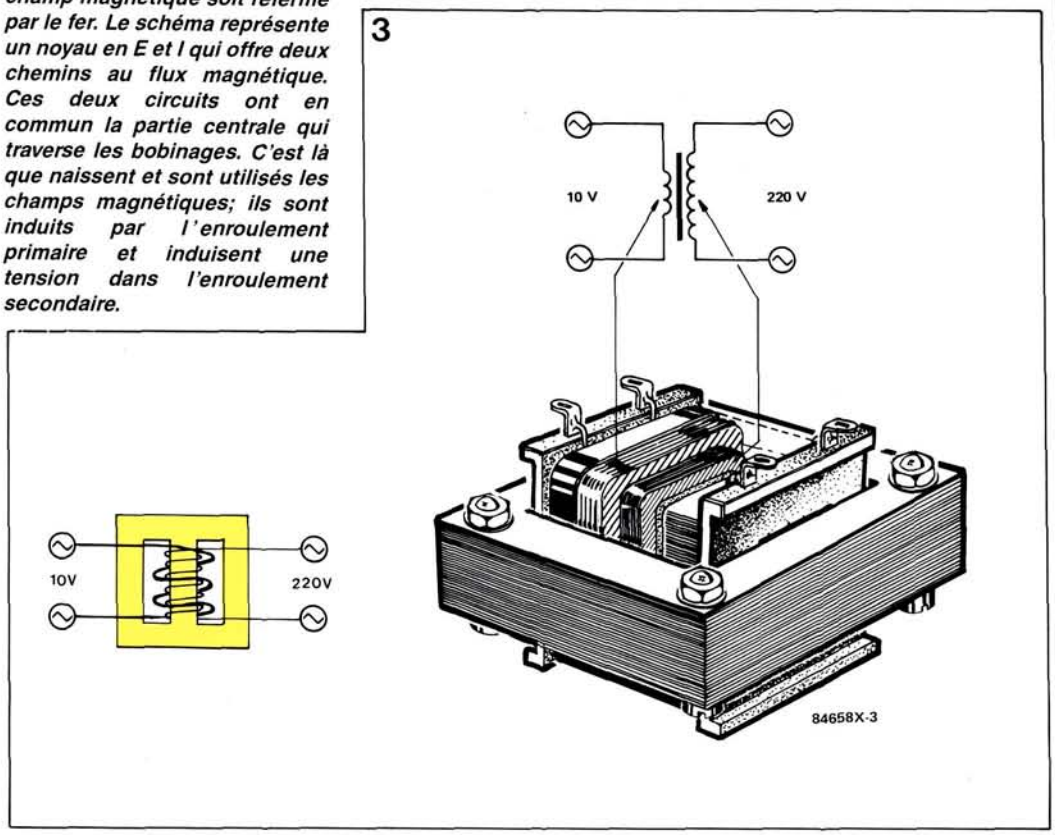


Figure 3 - Le schéma représente les enroulements l'un sur l'autre, le dessin d'un transformateur réel les montre dans des caniveaux séparés. Cette technique améliore l'isolement entre primaire et secondaire(s).

PDF Page Organizer - Foxit Software

constant, mais change deux fois par période du courant alternatif.

Les variations d'intensité du courant électrique dans l'enroulement primaire provoquent des variations de l'induction magnétique qui à leur tour donnent naissance au courant électrique dans l'enroulement secondaire.

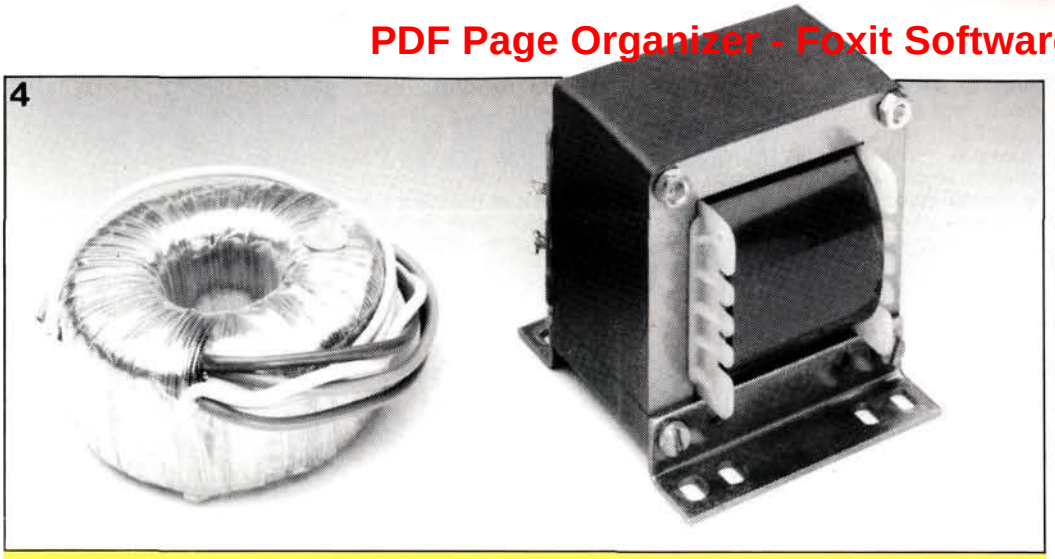


Figure 4 - Les transformateurs toriques ont un poids et un encombrement réduits par rapport à ceux de transformateurs classiques de même puissance. Ils le doivent à un principe différent et à des matériaux mieux adaptés. Leur prix supérieur est justifié par des procédés de fabrication plus compliqués. Ils présentent malgré tout un inconvénient : la qualité de leurs tôles et l'étroitesse du couplage magnétique sont telles que des parasites à fréquence élevée sont transmis du primaire au secondaire alors qu'ils ne le seraient pas dans des transformateurs ordinaires bobinés sur de la tôle à ferrer les lapins.

Le **noyau torique** de la **figure 4** est un type particulièrement intéressant : toute la masse magnétique se trouve à l'intérieur des enroulements. Cette disposition qui favorise la concentration du champ magnétique permet une réduction sensible du poids et de l'encombrement du transformateur, si bien que le modèle de la photo a une puissance nominale équivalente à celle de son voisin classique bien plus volumineux. Les transformateurs toriques sont plus chers que les transformateurs classiques car leur fabrication est un peu plus compliquée. La vue d'artiste de la **figure 5** illustre schématiquement la procédure. La totalité du fil nécessaire pour un bobinage est d'abord enroulée sur une poulie introduite dans l'ouverture du noyau. Ensuite seulement le fil est bobiné sur le noyau.

L'encombrement d'un noyau de transformateur tient aussi à la nature du matériau, car de même qu'à chaque nature de conducteur électrique correspond une valeur de résistivité (résistance spécifique), chaque matériau magnétique est caractérisé par sa **perméabilité**. Un matériau peu perméable est au champ magnétique ce qu'un conducteur résistant est au courant électrique. Tout comme l'intensité du courant admissible dans un conducteur de section donnée est limitée par sa résistance caractéristique, l'intensité du champ magnétique dans un noyau de section donnée est limitée par la perméabilité du matériau.

Les variations de champ magnétique provoquent de plus un échauffement de la tôle, proportionnel à la puissance transmise et inversement proportionnel à la qualité de la tôle. On appelle "pertes dans le fer" ce gaspillage d'énergie. On appelle "pertes dans le cuivre" les watts dissipés par l'échauffement des enroulements.

N'est-il pas surprenant de constater qu'un noyau torique est constitué lui aussi de feuilles de tôle, alors que ce n'est pas justifié par le mode d'assemblage ? C'est en effet en croisant les tôles en E et I des transformateurs classiques que l'on obtient un assemblage sans entrefer. On pourrait imaginer un noyau torique massif puisque de toute façon le bobinage est réalisé autour du noyau terminé. Ce serait compter sans les courants dits *de Foucault*. En réalité les noyaux sont *feuilletés* pour des raisons d'ordre électrique et non mécanique.

Un noyau massif constituerait un enroulement secondaire en court-circuit puisque le fer qui le constitue est un conducteur de l'électricité.

Les variations de champ magnétique y induisent donc des courants en quelque sorte parasites, qu'on appelle courants de Foucault (**figure 6a**).

En superposant des tôles de faible épaisseur, on fractionne la section du noyau dans le plan perpendiculaire à celui des enroulements. On réduit

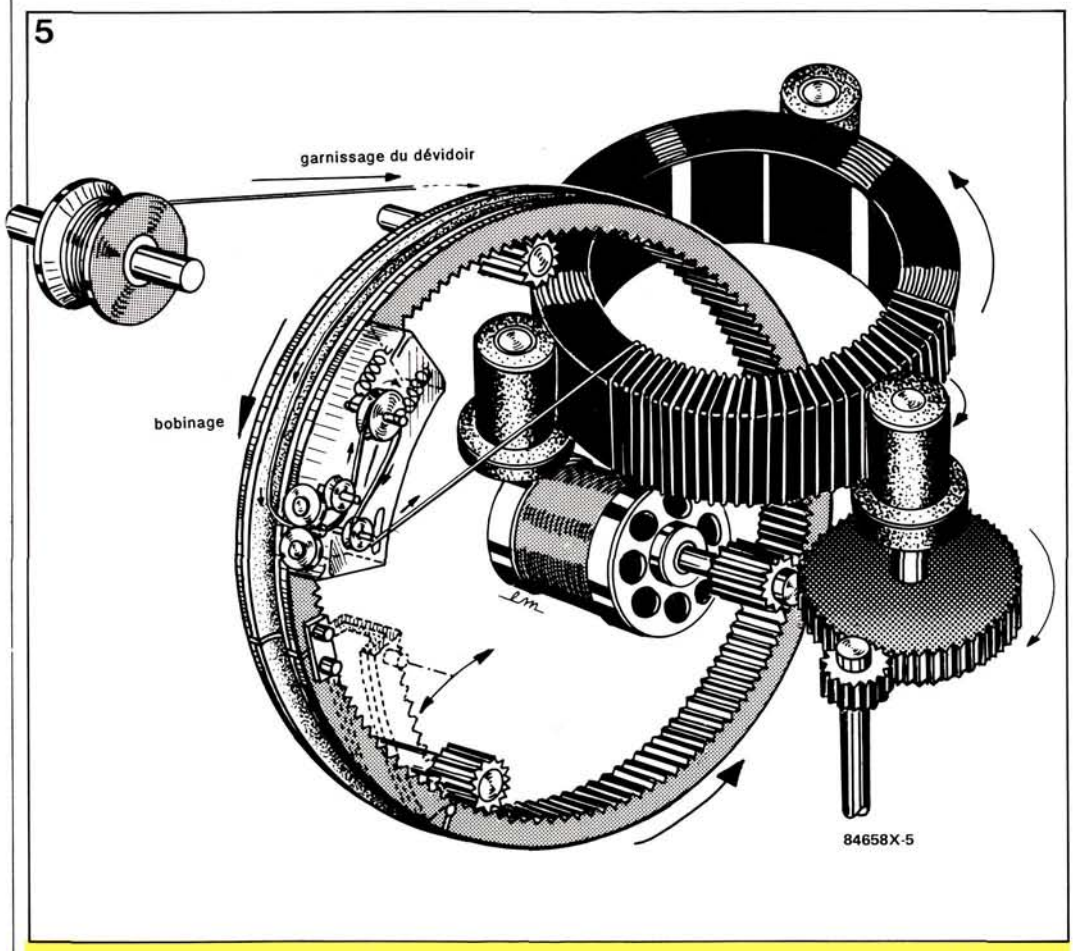


Figure 5 - Voici représenté de façon très simplifiée le principe de la machine de haute précision qui permet de bobiner les transformateurs toriques. L'opération se fait en deux temps : chargement de la poulie-dévidoir, puis bobinage proprement dit. La tension du fil doit être réglée exactement et l'émail épargné pour garantir l'isolement. Tous les mouvements doivent être synchronisés en fonction des diamètres du noyau, du dévidoir et du fil.

PDF Page Organizer - Foxit Software

ainsi la surface de chacune des spires élémentaires, jusqu'à rendre infime, quoique pas tout à fait négligeable, le courant induit dans le noyau (**figure 6b**). Il ne suffit pas que le circuit magnétique soit constitué de tôles fines, il faut en plus qu'elles soient **isolées électriquement** l'une de l'autre, et que les vis d'assemblage qui traversent la carcasse soient isolées chacune à une extrémité au moins.

Les courants de Foucault sont utilisés dans un autre domaine que l'électronique : c'est suivant le principe de la **figure 7** que fonctionnent les ralentisseurs électriques des poids lourds (*TELMA*).

Le cuivre, sous forme de fil émaillé, est le matériau utilisé habituellement pour les bobinages. La section du fil est proportionnelle à l'intensité du courant à conduire, sa longueur et donc le nombre de spires, sont proportionnels à la tension. Certains transformateurs industriels ont des bobinages en feuille de cuivre isolée par une feuille de carton bakélisé; il ne s'agit plus là de centaines de grammes mais de centaines de kilogrammes, tant de cuivre que de fer.
Il existe une relation fixe entre la section réelle du noyau magnétique (compte-tenu du coefficient de *foisonnement*, ou rapport entre l'épaisseur du fer et l'épaisseur totale fer + isolant) et le nombre de *spires par volt*. Plus un noyau est volumineux et moins il y a de spires pour une même tension aux bornes de l'enroulement.

Le rapport de tension de deux enroulements est égal au rapport du nombre de spires

Le nombre de spires au secondaire d'un transformateur se calcule en fonction du nombre de spires au primaire et de la tension à obtenir.

$$\frac{N_P}{N_S} = \frac{U_P}{U_S}$$

Prenons l'exemple concret d'un transformateur bobiné sur un noyau EI 55. C'est la section du noyau magnétique qui détermine le nombre de spires par volt, en fonction de l'induction admissible, comprise pour les tôles courantes entre 1 et 1,5 T (tesla), ou 10000 à 15000 gauss. L'enroulement primaire comporte 2200 spires. Combien faut-il de spires pour un enroulement secondaire de 12 V ? Une règle de trois toute simple nous donne le nombre de spires par volts : 10, et la réponse : 120 spires. Ce calcul ne tient pas compte des pertes dans le cuivre et un enroulement de 120 spires ne donnerait 12 volts qu'à vide, puisque le passage d'un courant s'accompagne d'une chute de tension proportionnelle à l'intensité (loi d'Ohm).

Le secondaire est souvent bobiné sur le primaire, qu'il s'agisse de circuit magnétiques classiques ou toriques.

Les enroulements des transformateurs toriques sont bobinés à même le noyau; ceux des transformateurs classiques le sont sur des *carcasses* en matériau isolant. La sécurité maximale est obtenue quand les enroulements primaire et secondaire(s) sont bobinés dans des *caniveaux* séparés qui garantissent l'isolement galvanique (figure 3).

Les transformateurs de faible puissance, de quelques VA (voltampère) à quelques dizaines de VA, sont souvent imprégnés d'un vernis qui parfait l'isolement et atténue les vibrations des tôles.

84658

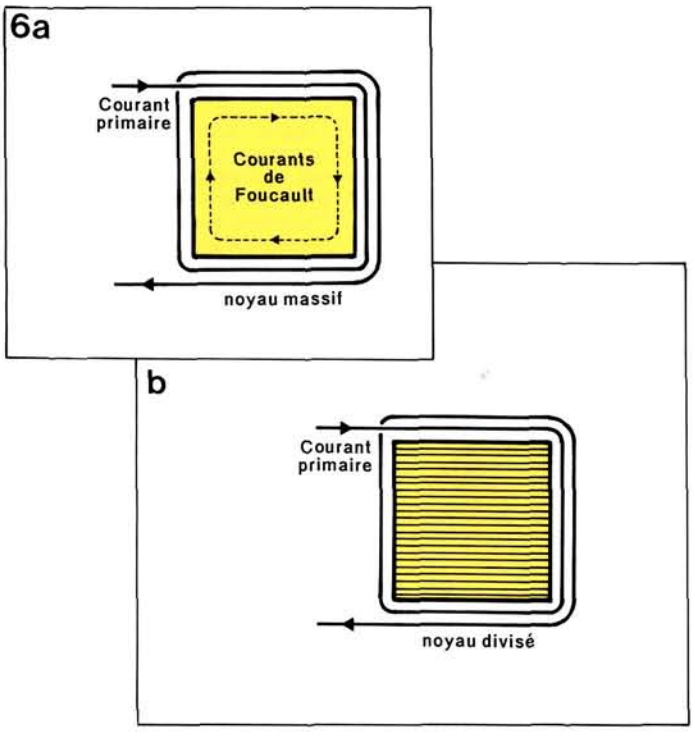


Figure 6a - Les courants de Foucault naissent dans tout conducteur soumis à un champ magnétique variable. Que le conducteur ne soit pas un bobinage de transformateur n'a pas d'importance, et des noyaux massifs soumis à un champ magnétique alternatif se comporteraient vite en chaufferettes, au détriment du rendement et de la sécurité.

Figure 6b - Dans ce noyau divisé, la surface embrassée par chaque "spire" est suffisamment faible pour que les courants de Foucault cessent d'être gênants. Les noyaux magnétiques de relais pour courant alternatif ont le même type de noyau "feuilleté".

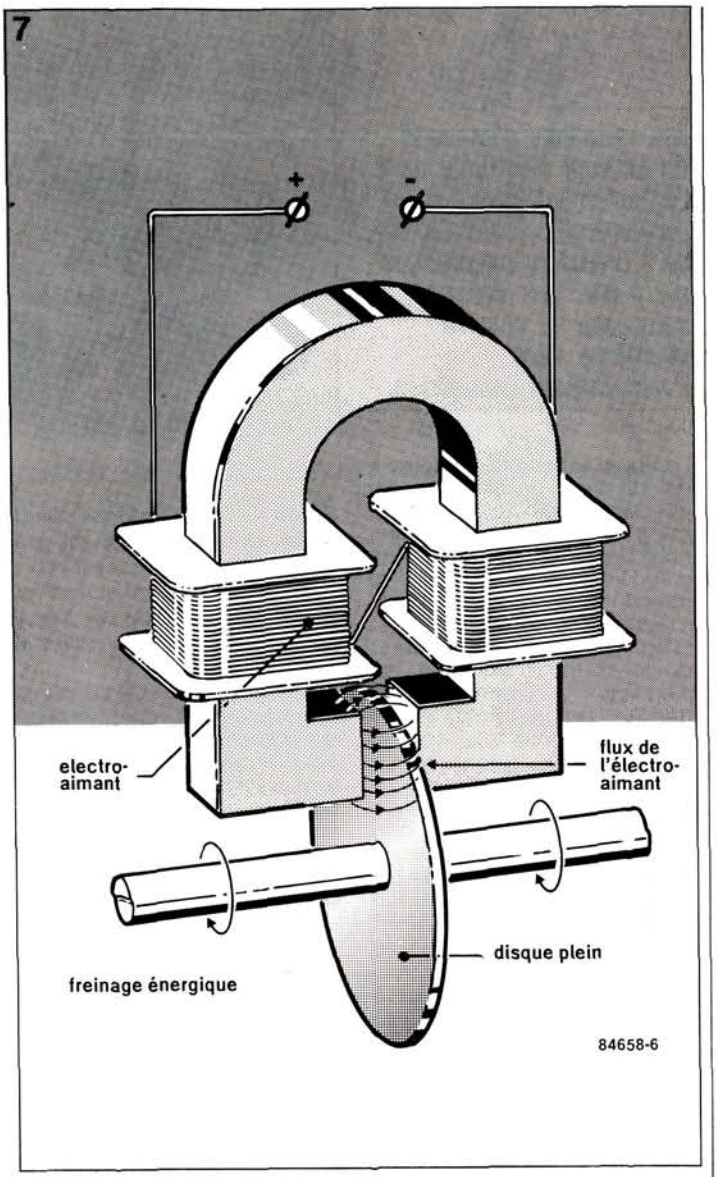


Figure 7 - Le ralentisseur électrique des poids lourds est alimenté en courant continu, mais les courants de Foucault naissent du mouvement du disque par rapport au champ magnétique. Les courants produisant eux-mêmes un champ magnétique opposé à celui de l'électro-aimant, le disque solidaire de l'arbre de transmission est freiné d'autant plus énergiquement qu'il tourne plus vite.

PDF Page Organizer - Foxit Software

Secondaires en série ou en parallèle ?

L'embarras du choix ou la polarité des tensions alternatives

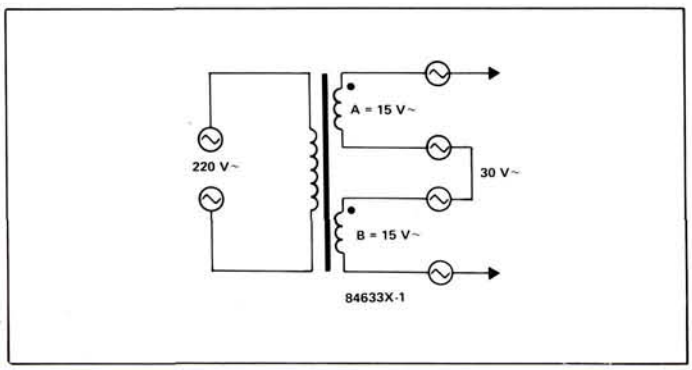


Figure 1 - Les secondaires du transformateur sont reliés en série pour donner une tension de 30 V. Le point désigne par convention le début d'enroulement. Il faut respecter ce mode de branchement pour être sûr que les sources continues que sont les enroulements pendant un centième de seconde sont effectivement connectées en série.

Il y a au moins une caractéristique constante du courant alternatif : sa polarité n'est pas constante ! Puisque la polarité change sans cesse, les deux pôles d'une source de tension alternative, comme par exemple les extrémités d'un enroulement secondaire de transformateur, devraient être équivalentes et interchangeables.
Il n'en est rien !

La polarité d'une tension alternative sur le secondaire d'un transformateur change cent fois par seconde, mais cela ne l'empêche pas d'être définie pendant chaque alternance, soit 1/100 de seconde. En effet, sans un pôle positif et un pôle négatif, il ne peut exister de tension. Ce n'est pas une finasserie. Vous constaterez avec l'exemple suivant d'un transformateur à deux secondaires de 15 V que si nous avons l'air de couper les cheveux en quatre, c'est parce qu'il y a lieu de le faire.

Les deux enroulements doivent être connectés en série si l'on veut obtenir une tension de 30 V (**figure 1**). Le but de cette interconnexion est d'obtenir l'équivalent d'un transformateur sur lequel le fabricant aurait bobiné un seul secondaire de 30 V (au lieu de deux secondaires de 15 V). Aucun problème, à condition que les enroulements soient reliés dans le bon sens. Comment le savoir ?
Le bon sens est celui pour lequel la polarité des deux tensions est identique à chaque instant. Le mauvais sens, c'est quand l'une est positive alors que l'autre est négative, et inversement.

C'est la **figure 2** qui expliquera le mieux le principe. Dans le cas de la **figure 2a**, les deux tensions secondaires sont **en phase** et elles s'ajoutent (15 + 15) pour donner les 30 V voulus.

Dans le cas de la **figure 2b** les tensions sont au contraire **en opposition de phase** et leur somme est nulle, puisqu'elles sont à chaque instant d'amplitude égale et de signe opposé. La notion de phase a déjà été l'objet de divers articles publiés récemment dans ELEX. Nous vous recommandons de vous y reporter pour dissiper, le cas échéant, toute équivoque. Il est important notamment de ne pas confondre les notions de phase et de fréquence.

Le rapport de phase entre deux enroulements n'est pas reconnaissable à la disposition des cosses de sortie d'un transformateur. Suivant la disposition des cosses et leur raccordement aux enroulements, la mise en série peut se faire suivant l'un ou l'autre des schémas de la **figure 3**. Pour trouver le «bon sens», il suffit de repérer les deux

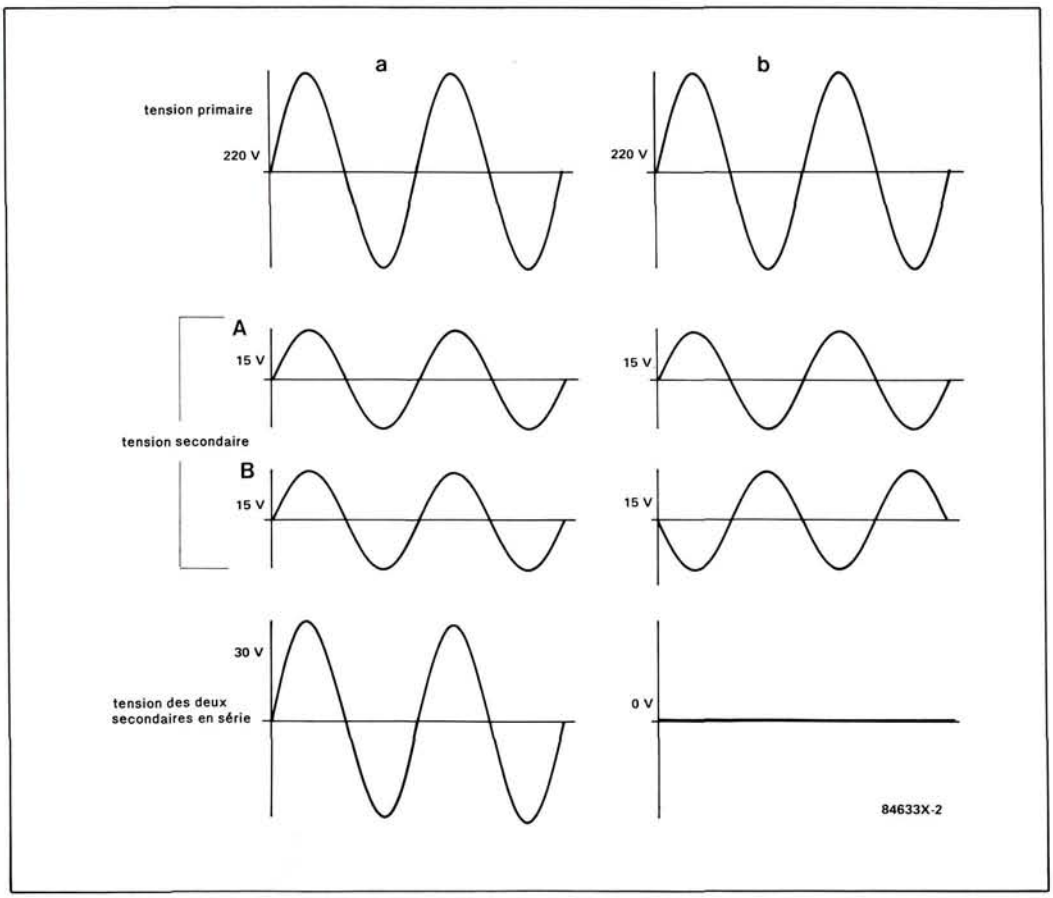


Figure 2 - Le raccordement de deux secondaires en série : correct en a, incorrect en b. Dans le cas b, les tensions égales et de signe opposé s'annulent. Théoriquement au moins car il est exceptionnel que deux enroulements d'un transformateur aient exactement le même nombre de spires et la même longueur de fil.

PDF Page Organizer - Foxit Software

enroulements à l'ohmmètre, puis de souder un pont provisoire entre eux comme le montre la figure 3a. Mettez le transformateur sous tension et mesurez la tension présente entre les deux cosses extrêmes. Si elle n'est pas égale à la somme de la tension des deux enroulements, déplacez le pont conformément aux indications du schéma 3b. Cette fois les deux enroulements sont en phase et les deux tensions s'additionnent.

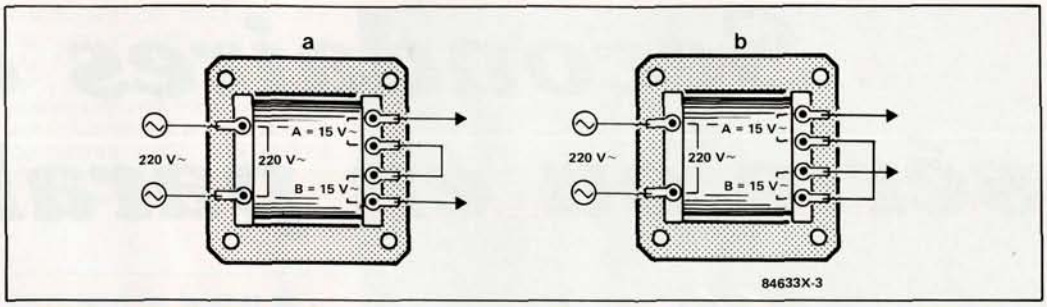


Figure 3 - Les deux possibilités de raccordement pratique des secondaires en série. La disposition a est la plus courante.

Le raccordement des secondaires en parallèle

L'intérêt du raccordement des secondaires en parallèle n'est pas d'augmenter la tension, qui reste identique, mais de doubler l'intensité maximale. Si dans ce qui précède vous avez compris pourquoi le sens dans lequel on met en série les enroulements secondaires d'un transformateur n'est pas indifférent, vous imaginez sans difficulté que là aussi le sens de branchement a son importance.

Les deux possibilités sont représentées sur la **figure 5**. Le test consiste à établir un seul des ponts de la figure 5a et à brancher un voltmètre alternatif à la place du deuxième pont (**figure 6a**). Si la tension est nulle, le schéma est le bon. Sinon, c'est-à-dire si la tension mesurée est de 30 V, il faut raccorder les enroulements selon le schéma 5b, après avoir vérifié que la tension est nulle comme sur la figure 6b.

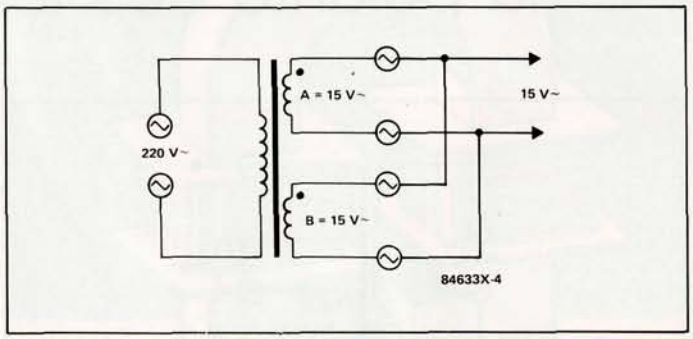


Figure 4 - Ce montage en parallèle délivre une tension inchangée mais sous une intensité double.

Ces mesures de tension n'indiquent un résultat rigoureusement nul que si les enroulements sont parfaitement identiques. C'est le cas lorsqu'ils sont réalisés selon la technique dite "deux fils en main". Dans tous les autres cas, une petite différence entre les tensions des deux enroulements est inévitable. Si l'on raccorde en parallèle deux enroulements légèrement différents, celui dont la tension est la plus forte débite un courant dans l'autre. Il en résulte un échauffement du transformateur et un gaspillage d'énergie; d'autre part l'intensité disponible en sortie n'est pas le double de l'intensité d'un enroulement.

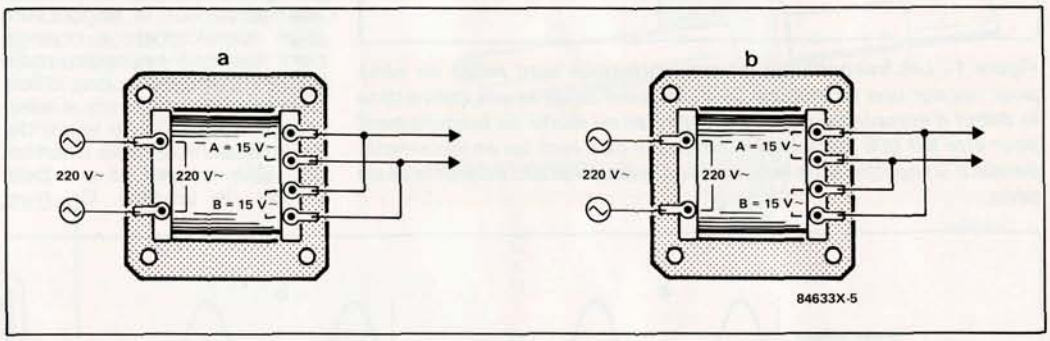


Figure 5 - Pour le raccordement en parallèle aussi il existe deux possibilités, dont une seule est la bonne.

Si la tension mesurée (comme en figure 6a ou 6b) est trop différente de zéro, votre transformateur va chauffer même à vide. Il faudra alors renoncer à utiliser ce transformateur, ou bien faire appel à une autre technique. Cette autre technique consiste à mettre en parallèle les deux sources par l'intermédiaire de diodes qui s'interdiront mutuellement de débiter du courant l'une dans l'autre (**figure 7**). Elle est utilisée pour la mise en parallèle de secondaires appartenant à des transformateurs différents, lorsque les différences de tension sont augmentées par des déphasages. Le déphasage entre les tensions secondaires fait qu'à certains moments les tensions sont de polarité opposée. Les deux redresseurs permettent la mise en parallèle de sources continues et évitent toute charge inutile aux transformateurs. L'intensité disponible est légèrement inférieure au double de l'intensité nominale.

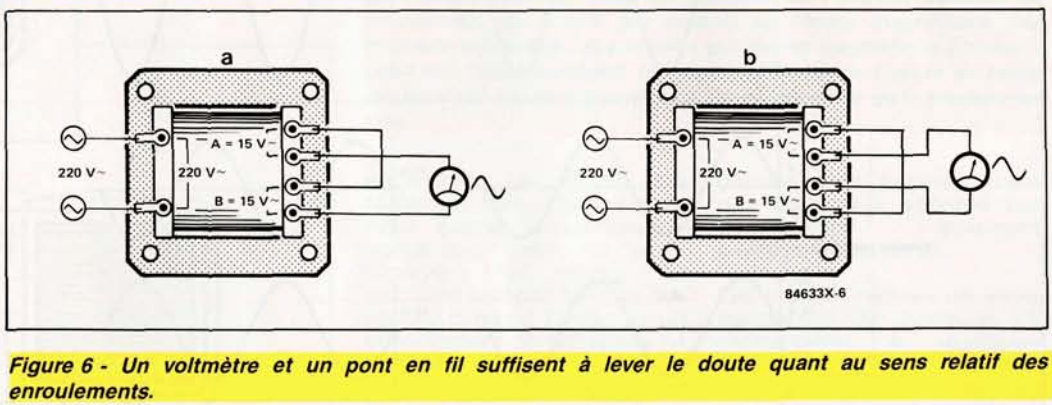


Figure 6 - Un voltmètre et un pont en fil suffisent à lever le doute quant au sens relatif des enroulements.

84633

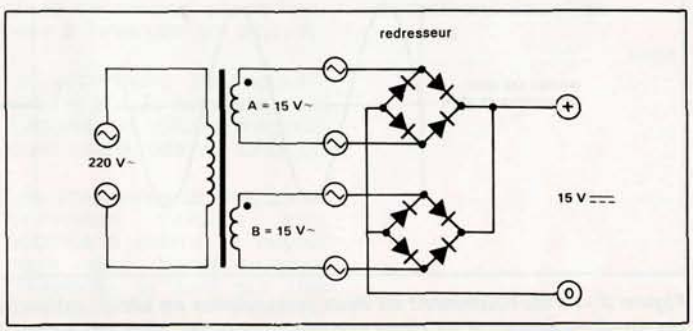


Figure 7 - Les redresseurs découplent les secondaires, si bien qu'aucun courant ne circule d'un enroulement dans l'autre.

PDF Page Organizer - Foxit Software

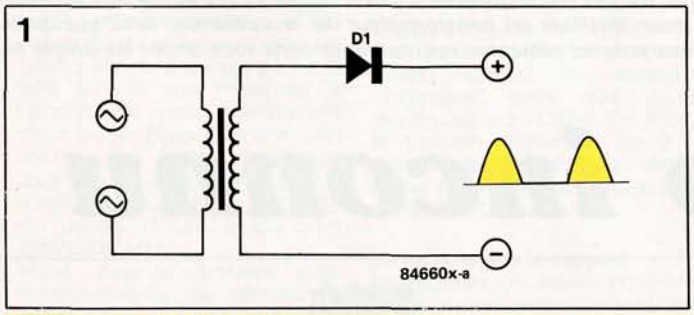
Cinq redresseurs

Pour l'électronicien, les redresseurs sont presque toujours associés aux transformateurs. En effet, la plupart de nos montages sont alimentés par une basse tension **continue**. Nous avons vu comment le transformateur abaisse la tension, il nous reste à transformer cette tension alternative en une tension continue. Le redresseur en pont de Graetz que nous connaissons bien n'est pas le seul utilisable, comme en témoignent les autres montages redresseurs que nous allons examiner.

Le redresseur mono-alternance

Il est logique de commencer par le redresseur mono-alternance, le plus simple que l'on puisse imaginer. Une seule alternance, la moitié de la période du signal alternatif, est transmise par la diode. Le schéma ci-dessous montre le redressement positif; la diode pourrait être orientée dans l'autre sens et la tension de sortie serait une tension continue pulsée **négative**. La tension est dite **continue** parce que sa polarité est toujours la même, et **pulsée** parce que son amplitude n'est pas constante. Une telle tension ne peut alimenter que des charges peu exigeantes sur la qualité de la source, et supportant des demi-périodes de vaches maigres.

1



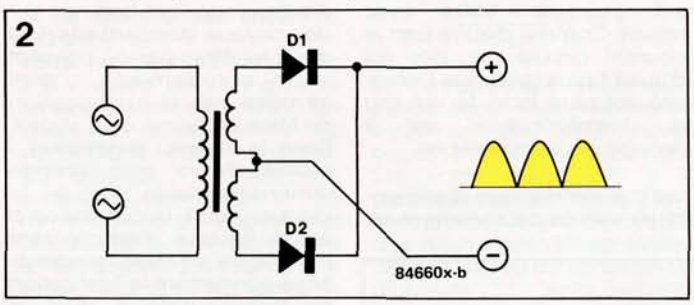
Le redresseur à point milieu

Le redresseur à point milieu est constitué de l'association de deux redresseurs mono-alternance. Il utilise un transformateur à deux secondaires. Du fait de la disposition symétrique des enroulements, l'un présente, par rapport au point milieu, une tension positive quand l'autre présente une tension négative. Ainsi quand une diode est bloquée, l'autre conduit. Cette fois plus de demi-périodes de vaches maigres, la totalité de la période est exploitée.

L'intensité fournie par le transformateur est répartie **dans le temps** entre les deux enroulements : chacun se repose la moitié du temps. L'encombrement n'est donc pas augmenté du fait de la présence des deux secondaires puisqu'ils sont constitués de fil plus fin.

Ce genre de redresseur était très utilisé pour la fabrication de la haute tension continue dans les montages à tubes de nos papys car les tubes à vide qui remplissaient la fonction de double diode (on les appelait *valves*) avaient une cathode unique et un seul filament de chauffage. L'économie réalisée portait à la fois sur le matériel (un seul tube) et sur la consommation électrique (un seul filament).

2

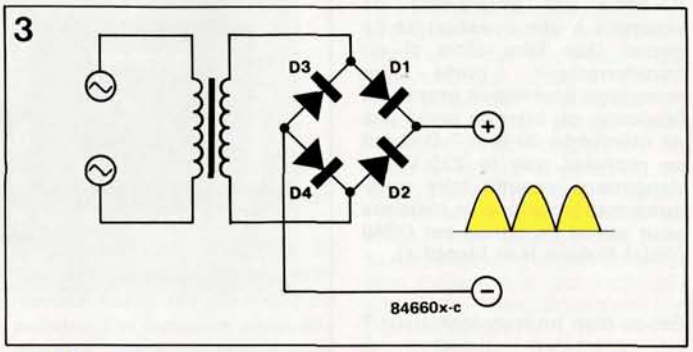


Le pont de Graetz

Les quatre diodes du redresseur en pont, ou pont de Graetz, relient en permanence le pôle positif de l'unique enroulement secondaire au pôle positif de la sortie continue; de même pour les pôles négatifs. Tout est dit : le montage se satisfait d'un secondaire simple, la période du courant alternatif est exploitée complètement, et il suffit de quatre diodes. Nous appellerons "positives" les alternances pendant lesquelles le point supérieur de l'enroulement (sur le schéma) est positif, "négatives" les autres. Pendant les alternances positives, les diodes D1 et D4 sont conductrices et la polarité appliquée à la sortie est correcte. Elle est correcte aussi pendant les alternances négatives puisque ce sont alors D2 et D3 qui conduisent, D1 et D4 étant bloquées.

La forme de la tension de sortie est la même que dans le cas précédent, mais le secondaire débite en permanence et ce sont les diodes qui ne travaillent qu'à mi-temps.

3



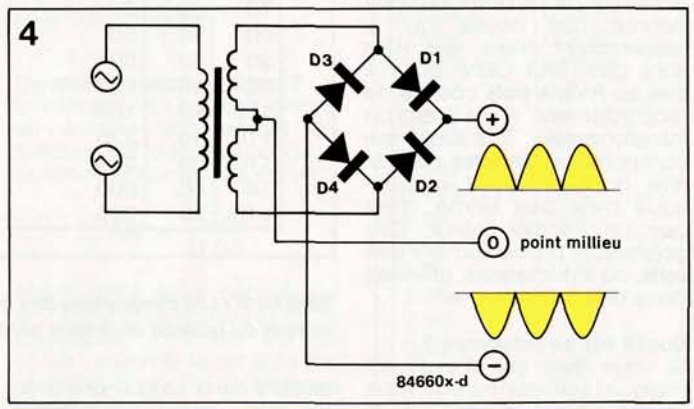
Le redresseur symétrique

Il s'agit ici de l'association des deux redresseurs à point milieu. Les quatre diodes ne forment pas un pont de Graetz, mais appartiennent, deux par deux, à deux redresseurs distincts. L'un de ces redresseurs fournit une tension positive, l'autre une tension négative. Ce sont D1 et D2 qui redressent à tour de rôle les alternances positives (par rapport au point milieu) de chaque enroulement, D3 et D4 qui redressent les alternances négatives. Les diodes sont employées à mi-temps et les enroulements à plein temps.

La disposition des diodes est identique à celle du pont de Graetz et les ponts moulés sont donc utilisables dans les deux types de redresseurs.

Les alimentations symétriques sont utilisées notamment pour les amplificateurs opérationnels dès qu'une précision importante est recherchée. De même la qualité de restitution des graves d'un amplificateur HiFi est améliorée par l'utilisation d'alimentations doubles qui permettent de se dispenser du condensateur de sortie, volumineux, cher, et qui limite la puissance disponible en sortie sitôt que la fréquence baisse.

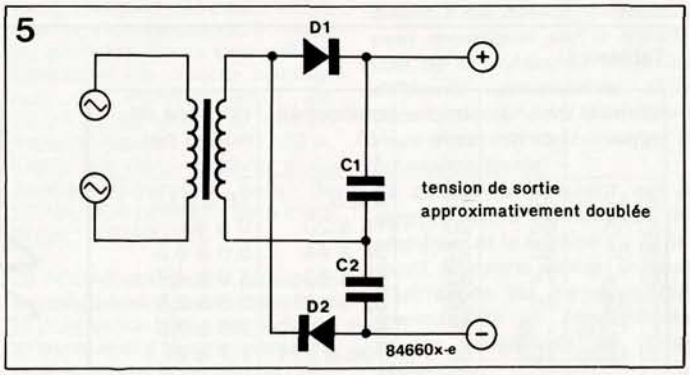
4



Le doubleur Delon

Le doubleur Delon est un redresseur mono-alternance à tension de sortie double de la tension alternative. Les alternances positives chargent le condensateur C1 par la diode D1, les alternances négatives chargent C2 par la diode D2. Les condensateurs sont montés en série et la tension disponible en sortie est la somme de leurs deux tensions, soit à peu de chose près le double de la tension du transformateur.

5



84660

PDF Page Organizer - Foxit Software

Je possède un transformateur portant les inscriptions : BV 1537 CF-09. Veuillez m'indiquer ses caractéristiques et me dire s'il convient pour... Ci-joint une enveloppe timbrée pour la réponse... Un : nous ne répondons pas directement au courrier des lecteurs; deux : il nous est impossible de répondre à une question de ce genre. Que faire alors si un transformateur porte un marquage ésotérique propre au fabricant, ou bien ne porte pas de marquage du tout ? D'abord se rappeler que le 220 V est dangereux, ensuite faire quelques manipulations et mesures pour savoir ce qu'est cet OBNI (Objet Bobiné Non Identifié).

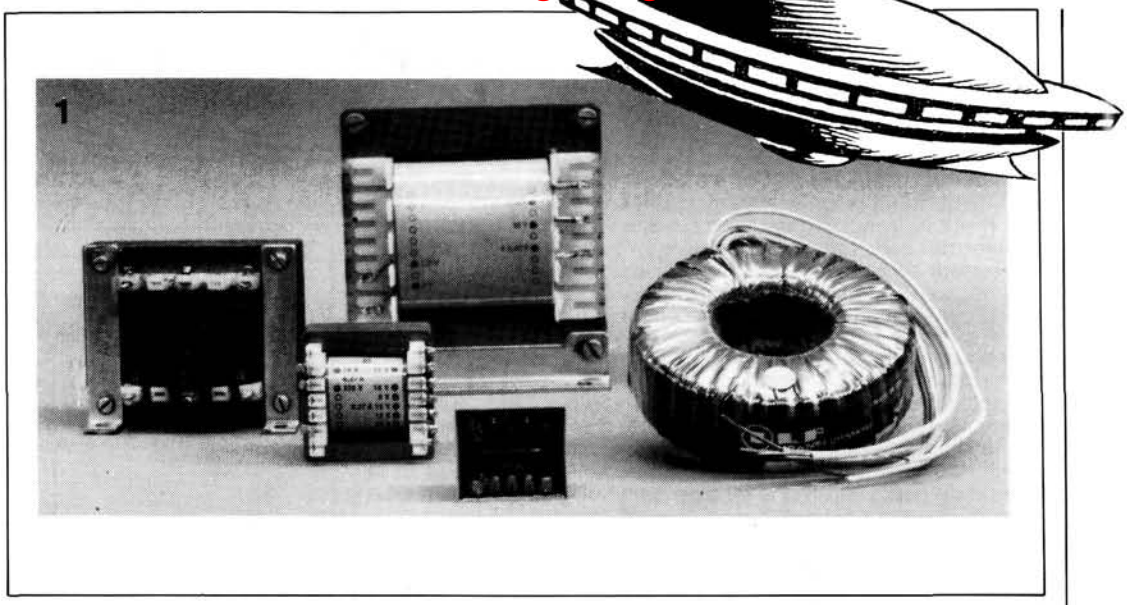


Figure 1 - Des petits, des gros, des ronds, des rectangulaires, il existe toutes sortes de transformateurs et vous pouvez être embarrassés pour réutiliser un transformateur de récupération. Avec quelques mesures et un peu de bon sens, vous pourrez alimenter vos montages sans vous brûler les doigts ni faire fondre les fusibles.

Le transfo inconnu

Est-ce bien un transformateur ?
La première question à laquelle vous allez devoir répondre est celle-ci (vous avez bien compris qu'il faudra répondre vous-même) : s'agit-il vraiment d'un transformateur ?

En effet il existe d'autres composants qui mettent en oeuvre du fer et du cuivre sans être pour autant des transformateurs. Faute de pouvoir décrire l'aspect de tous les transformateurs possibles, nous pouvons vous décrire des objets qui y ressemblent mais qui n'en sont pas. Tout OBNI qui n'a pas au moins **trois** cosses de raccordement n'est pas un transformateur. Tout OBNI qui comporte un **entrefer**, c'est-à-dire dont le circuit magnétique n'est pas fermé, n'est pas un transformateur. Ces objets sont probablement des **selfs**, ou inductances, utilisées dans des redresseurs.

Tableau 2

D mm	d mm	puissance VA
63	36	15
70	30	30
80	38	50
90	33	80
90	40	120
110	40	160
110	45	225
110	55	300
140	60	500
140	70	625

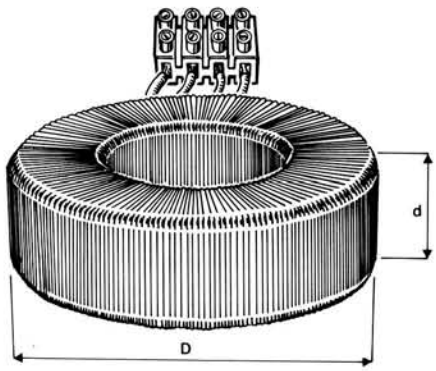


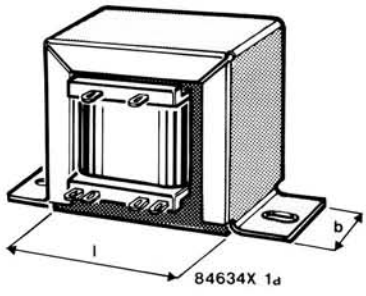
Tableau 2 - Les dimensions des transformateurs à noyau torique sont significatives de la puissance. Les valeurs du tableau ci-dessus sont des moyennes valables pour la plupart des transformateurs courants.

Quelle est sa puissance ?
Si vous êtes sûr d'avoir en main un transformateur, vous voulez savoir quelle est la puissance qu'il pourra fournir à vos montages. La réponse ne sera pas très précise, mais suffisamment fiable pour nos applications qui ne sont jamais critiques.
Le transformateur utilise, comme nous l'avons vu ailleurs dans ce numéro, le fer de son noyau pour transmettre sous forme magnétique l'énergie du primaire au(x) secondaire(s). Vous supposez, intuitivement, que plus le noyau ou circuit magnétique est gros, plus il peut transporter d'énergie et donc plus le transformateur est puissant. Vous avez raison. Comme d'autre part le courant circule par des fils d'autant plus gros que l'intensité est plus forte, le volume du transformateur est à l'image de sa puissance.

Les transformateurs d'alimentation utilisés couramment en électronique sont bobinés sur des noyaux standardisés. Les deux fenêtres par où passent les enroulements sont formées par la juxtaposition de tôles en forme de E et de I. Dans le tableau ci-dessous, *l* représente la plus grande dimension de la tôle, ou la longueur du I, la dimension *b* est la hauteur d'empilement des tôles. Ces tôles standardisées permettent la fabrication de transformateurs dont la puissance ne varie qu'en fonction de l'induction permise par chaque qualité de tôle. Les puissances indiquées dans le tableau sont des valeurs moyennes, variant d'un fabricant à l'autre suivant la qualité de tôle et la température de fonctionnement admise.

Tableau 1

Circuit type	*l* mm	*b* mm	puissance VA	nombre de spires par volt
EI 42	42	15	4 à 5	18 à 21
EI 55	55	20	16 à 20	9 à 13
EI 65	65	27	34 à 44	5,6 à 6,6
EI 74	74	32	62 à 80	4,0 à 4,7
EI 85	85	32	82 à 107	2,3 à 2,8
EI 120a	102	35	143 à 180	2,5 à 3,0
EI 102b	102	52	198 à 271	1,7 à 21,1



Noyaux toriques
Les transformateurs à noyau torique sont identiques dans

PDF Page Organizer - Foxit Software

le principe aux autres transformateurs. L'avantage par rapport aux tôles en E et I est l'absence quasi parfaite de fuites magnétiques, conséquence d'un couplage très étroit entre primaire et secondaire(s). Le tableau 2 indique les puissances courantes en fonction des dimensions extérieures.

Où vais-je brancher le 220 V ?
Bonne question, qui demande une réponse précise et sûre. En effet le transformateur risque sa vie si le secteur est appliqué sur un secondaire. Vous risquez aussi, ce serait le moindre mal, de vous retrouver dans le noir. Les risques d'électrocution et de brûlure ne sont pas négligeables non plus.
Le primaire est reconnaissable au fait que sa résistance, mesurée à l'ohmmètre, est la plus importante de tous les enroulements. Cela s'explique car il comporte un grand nombre de spires de fil très fin. Si vos mesures à l'ohmmètre vous permettent de repérer plusieurs enroulements de forte résistance ayant un point commun, il s'agit d'un primaire à prises du genre 110/220 V ou bien 200/220/240 V.
Vous pouvez trouver des enroulements de résistance faible avec un point commun. Il s'agit là aussi d'enroulements à prises, comme sur des transformateurs d'expérimentation : 3/6/9/12/15 V par exemple. Ou bien d'enroulements symétriques : 15/15 V.
L'enroulement primaire est donc en principe celui qui présente la plus forte résistance. En principe seulement, car il se peut que vous ayez récupéré un transformateur d'alimentation d'appareil à lampes, lesquelles demandaient une "haute tension" de 250 à 300 V. Dans ce cas, l'enroulement primaire est celui des deux, de résistance proche, qui est fait du fil le plus gros.

Je ne branche pas encore le 220 V ?
Vous ne brancherez pas le 220 V avant de connaître le rapport de transformation de tous les enroulements de votre OBNI. Pour minimiser les risques, les rapports seront déterminés "à l'envers". Vous appliquerez une basse tension alternative à l'un des enroulements que vous avez identifiés comme secondaires et vous mesurerez la tension entre tous les autres points qui présentaient au stade précédent une résistance entre eux.

La basse tension nécessaire peut être fournie par l'enroulement de 3 volts que comporte tout transformateur de sonnette prévu pour 9 V et 12 V.
Vous allez donc mesurer et noter une tension pour chaque couple de points.
Prenez soin de mesurer et noter aussi la tension "primaire", celle que vous appliquez sur l'OBNI. En effet, la tension nominale de 3 V risque de se trouver diminuée, pour n'être plus que 2,5, voire 2,0 V.

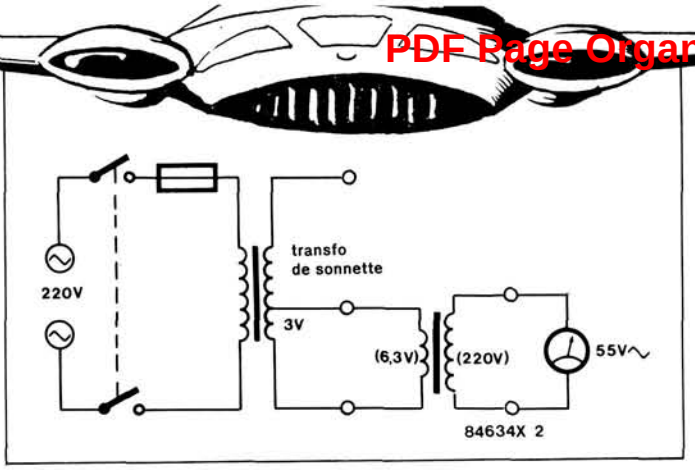


Figure 2 - La mesure du rapport de transformation de l'OBNI se fait simplement au moyen d'une source de basse tension alternative. En effet le fonctionnement d'un transformateur est réversible et chaque enroulement peut être un primaire ou un secondaire. L'utilisation d'un enroulement de 3 V présente toutes les garanties de sécurité pendant la manipulation puisque les tensions produites restent "basses" (la tension de "sécurité" dans les installations industrielles est de 48 V).

Je ne vois pas le rapport
Le rapport de transformation entre deux enroulements se calcule en fonction des tensions que vous avez relevées. Supposons que vous ayez mesuré 3,0 V au "primaire d'un jour" (le secondaire que vous utilisez comme primaire) et 55 V aux bornes de l'enroulement de forte résistance que vous avez identifié comme enroulement 220 V. Le rapport de transformation est de :

$$\frac{\text{tension secondaire}}{\text{tension primaire}} = \frac{55}{3}$$

Vous pouvez en déduire que ce transformateur est prévu pour fournir une tension secondaire de 12 V :

$$\frac{220 \times 3}{55} = 12$$

Si l'enroulement secondaire est le seul, c'est maintenant seulement que vous pouvez brancher le 220 V, pour vérifier votre calcul. S'il y a plusieurs enroulements, identifiez les tous, car vous risquez des décharges désagréables dans le cas où il y aurait un ou plusieurs enroulements "haute tension".
Il est normal que la tension mesurée soit supérieure à 12 V, car la tension à vide est toujours calculée en fonction des pertes inévitables, et d'autant plus importantes que le transformateur est petit.

Combien de watts ?
Il n'est pas possible, sauf dans des cas particuliers, de chiffrer en watts la puissance débitée par le transformateur. Les puissances figurant dans le tableau 1 sont exprimées en VA, pour **voltampère**. Cette unité correspond au produit 1 volt x 1 ampère. Il s'agirait de 1 watt si la tension était continue (et le courant aussi). Mais comme nous utilisons ici un courant alternatif, le **déphasage** entre le courant et la tension provoque une diminution de la puissance **efficace**. Le cas particulier où le voltampère est égal au watt, c'est celui où la charge est une résistance pure, sans inductance, et ne provoque donc aucun déphasage.

Combien d'ampères, alors ?
L'intensité du courant débité se calcule simplement en fonction de la tension et de la puissance apparente en VA :

$$I(A) = \frac{P\ (VA)}{U\ (V)}$$

Notre OBNI étant bobiné sur un circuit magnétique EI 55, la puissance minimale est de 15 VA; comme la tension est de 12 V, il pourra débiter au moins :

$$I = \frac{15\ VA}{12\ V} = 1{,}25\ A$$

Plus la tension est élevée, pour une puissance donnée, et plus le courant est faible, puisque le transformateur ne peut restituer au secondaire que la puissance qu'il reçoit au primaire. Dans une même carcasse, on pourra bobiner soit un transformateur de 22 V/1 A, par exemple, soit un transformateur de 11 V/2 A. Dans les deux cas, la puissance apparente sera de 22 VA, et le primaire sera identique : 220-V/0,1 A.

Si l'OBNI comporte plusieurs secondaires, il est évident que la puissance totale est répartie entre eux et il faudra recourir à une autre caractéristique pour connaître la puissance disponible sur chacun. Reportez-vous pour cela au tableau 3 qui indique pour les sections courantes de fil l'intensité admissible.
Les intensités indiquées dans le tableau ci-dessus se réfèrent à une densité de courant de 3 A/mm².
Les calculs de puissance qui précèdent ne tiennent pas compte des pertes, qui peuvent aller jusqu'à 15% de la puissance absorbée au primaire. Ces pertes sont sensibles et audibles : le transformateur chauffe du fait de la résistance des enroulements, et on entend vibrer les tôles. Dans tous les cas, c'est la puissance disponible au secondaire qui est indiquée dans les caractéristiques de transformateurs.

Si vous avez fait une erreur importante dans le calcul de la puissance, ou du courant, ou des deux, vous ne tarderez pas à vous en apercevoir au doigt et au nez : un transformateur surchargé chauffe et même surchauffe.

84634

Tableau 3

Intensité admissible en A	Diamètre extérieur vernis émaillé compris (mm)
0,011	0,10
0,024	0,1228
0,053	0,200
0,147	0,3316
0,212	0,374
0,289	0,4430
0,377	0,487
0,588	0,595
0,849	0,70
1,16	0,81
1,51	0,92
1,91	1,03
2,36	1,133
3,39	1,34
5,30	1,64
6,81	1,86
9,42	2,18
14,73	2,80
21,20	3,35
28,86	3,90
37,71	4,45

Tableau 3 - Bien que la mesure du diamètre du fil soit difficile quand il est bobiné, ce tableau peut renseigner sur la répartition de la puissance entre les différents secondaires d'un transformateur dont le tableau 1 vous a permis de connaître la puissance totale.
La densité de courant est le rapport entre l'intensité (en ampères) et la section du fil (en mm²). Elle varie suivant le mode d'utilisation du transformateur (permanente ou intermittente) et les possibilités de refroidissement.

PDF Page Organizer - Foxit Software

Alimentations standard

Nous avons déjà décrit bon nombre d'alimentations, dont certaines équipées de circuits intégrés régulateurs de tension. Le rôle de ces alimentations est toujours le même et il nous a paru logique d'en faire une description systématique, sinon exhaustive, dans ce numéro où l'on traite de transformateurs et de redresseurs. Les besoins courants sont presque tous satisfaits par les 18 alimentations qui figurent sur le tableau 1.

Nos 18 alimentations se différencient l'une de l'autre par la tension de sortie, l'intensité maximale et la polarité. Les alimentations positives occupent la moitié supérieure du tableau, les négatives la moitié inférieure. Les deux colonnes de gauche indiquent la tension et l'intensité nominales. Nous reviendrons sur les autres colonnes après avoir examiné le schéma du circuit.

Le circuit

Comme la division du tableau en deux parties le laissait supposer, les alimentations correspondront à deux schémas, l'un, **figure 1a**, pour les tensions de sortie positives, l'autre, **figure 1b**, pour les tensions de sortie négatives. La seule différence entre ces deux circuits est la façon de connecter le régulateur de tension intégré IC1. Les régulateurs de tension positive sont repérés par les chiffres **78xx**, les régulateurs de tension négative par les chiffres **79xx**. Les deux derniers chiffres indiquent la tension nominale en volts. Un circuit intégré repéré 7805 est donc un régulateur de tension positive de 5 V; le repère 7908 est celui d'un régulateur de tension négative de 8 V. Voilà donc expliquée la troisième colonne du tableau.

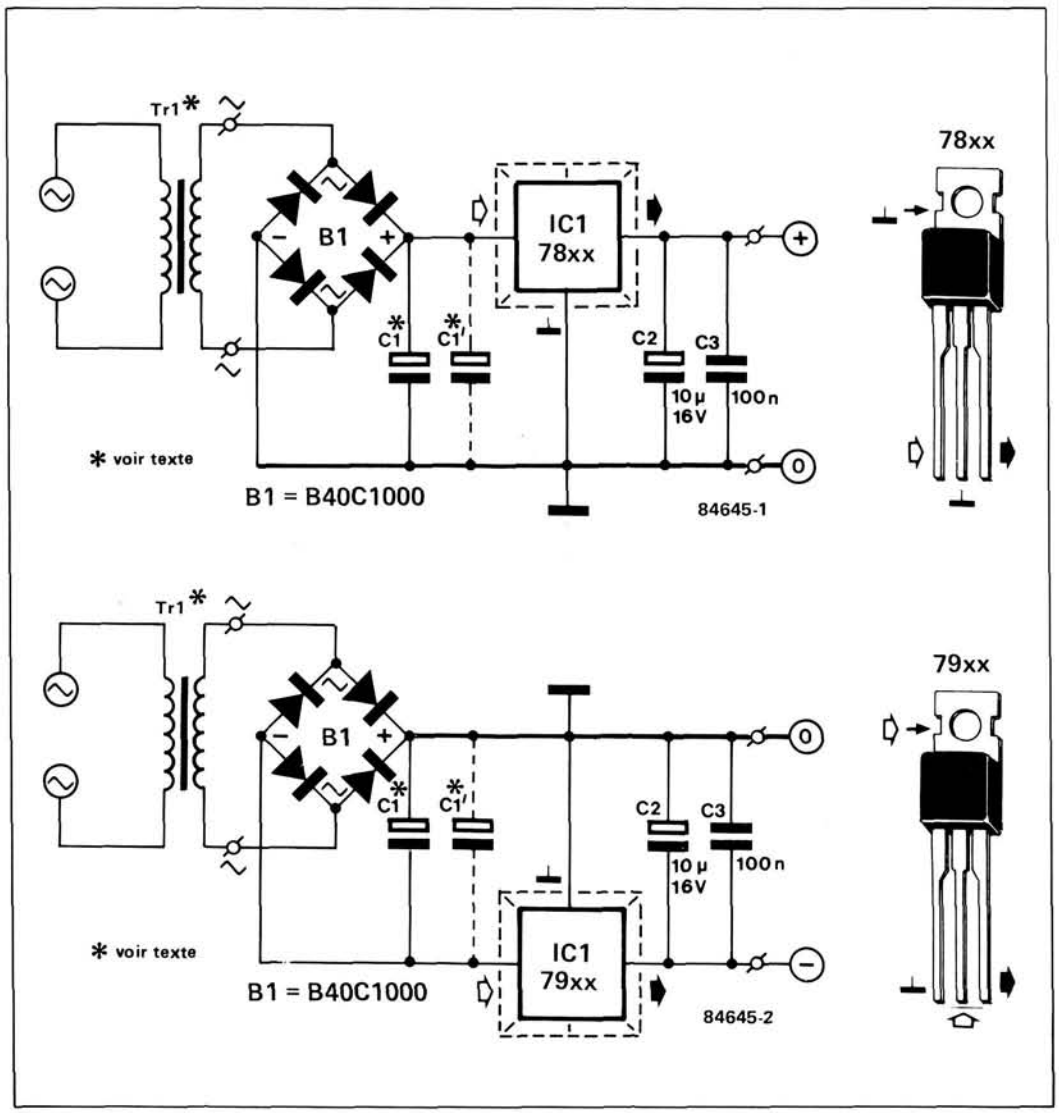


Figure 1a - Le schéma de l'alimentation positive à tension fixe. Les valeurs de composants qui manquent sur le dessin sont rassemblées dans le tableau 1. C'est en les choisissant que vous donnerez à votre alimentation les caractéristiques nécessaires.

Figure 1b - Le principe de l'alimentation négative est identique à celui de l'alimentation positive.

PDF Page Organizer - Foxit Software

Tableau 1

Tension de sortie volts	Intensité en sortie ampères	Régulateur intégré IC1	Valeur de C1 en µF	Transformateur volts	Transformateur ampères
+5	0,1	7805	470	9	0,14
+5	0,1	7805	1000	9	0,14
+5	0,1	7805	2200	9	0,14
+8	0,1	7808	470	12	0,7
+8	0,1	7808	1000	12	0,7
+8	0,1	7808	2200	12	0,7
+12	0,1	7812	470	18	1,4
+12	0,1	7812	1000	18	1,4
+12	0,1	7812	2200	18	1,4
−5	0,1	7905	470	9	0,14
−5	0,1	7905	470	9	0,14
−5	0,1	7905	470	9	0,14
−8	0,1	7908	1000	12	0,7
−8	0,1	7908	1000	12	0,7
−8	0,1	7908	1000	12	0,7
−12	0,1	7912	2200	18	1,4
−12	0,1	7912	2200	18	1,4
−12	0,1	7912	2200	18	1,4

Tableau 1 - Tous les caractéristiques et références des composants susceptibles de changer d'une version à l'autre sont rassemblées ci-dessus.

Le principe est identique pour les deux circuits. Un transformateur extérieur alimenté par le secteur fournit la basse tension alternative qui est redressée par un pont de diodes. Le condensateur de lissage C1 supprime en grande partie les ondulations de la tension continue.

C'est maintenant le rôle du régulateur intégré IC1, alimenté par cette tension continue filtrée, que de fournir une tension stabilisée. Le condensateur C2 évite les fluctuations de tension lors des variations brusques de consommation de la charge. Le condensateur C3 supprime les parasites à fréquence élevée et interdit les oscillations du régulateur.

Le fonctionnement des régulateurs intégrés a été suffisamment décrit dans les numéros précédents pour que nous puissions passer maintenant à la construction.

La construction

La construction est représentée sur la **figure 2a** pour les alimentations positives et sur la **figure 2b** pour les alimentations négatives. Chacune utilise une platine standard de format 1.
Dans le cas où vous construisez une alimentation capable de fournir un courant de sortie de 1 A, vous devez munir le circuit intégré d'un radiateur, par exemple un modèle SK 13. Le condensateur C1 peut être constitué de deux condensateurs de 1000 µF (en parallèle) si vous n'en trouvez pas de 2200 µF ou que le gabarit de ce "poids lourd" augmente trop la hauteur de la platine.

Le transformateur ne doit pas être monté sur la platine, qui n'est pas prévue pour la tension du secteur. A ce sujet il peut être bon de vous reporter à l'article "L'électronique et votre sécurité" du n°10 d'ELEX. Si vous n'avez pas sous la main le transformateur spécifié dans le tableau, vous pouvez utiliser une tension secondaire éventuellement supérieure (pas plus de 20%), mais en aucun cas inférieure à la valeur spécifiée. Une tension de 10 V convient pour 9 V, et une tension de 20 V pour 18 V.

Quant à l'intensité que peut fournir le transformateur, la valeur indiquée est un minimum, et il n'y a pas de maximum. En effet, c'est le circuit utilisateur qui déterminera l'intensité du courant débité, quelles que soient les possibilités de la source. Ce sont les considérations de prix et d'encombrement qui décideront du type du transformateur utilisé.

L'intensité maximale n'est pas toujours indiquée sur le transformateur, mais vous n'aurez aucun mal à la calculer en sachant que la puissance en VA (voltampères) est le produit de la tension par l'intensité.

Attention à la polarité des condensateurs électrochimiques, surtout lors de la construction des alimentations négatives : c'est leur pôle positif qui est relié à la masse (0 V).

La mise en boîte

Nos descriptions se terminent habituellement par un paragraphe sur l'installation du montage dans un coffret. Ce ne sera pas le cas pour celle-ci car ces alimentations standard trouveront leur place dans le même coffret que le montage qu'elles alimenteront.
Le raccordement du transformateur au secteur se fera obligatoirement par un interrupteur double et un fusible de 160 mA retardé. Vous pouvez monter en parallèle avec le primaire du transformateur un voyant fluorescent avec résistance incorporée pour signaler la mise sous tension. L'interrupteur, le porte-fusible et éventuellement le voyant seront fixés sur une paroi du boîtier.

Quelques mots sur les régulateurs pour finir : un certain échauffement est normal, même pour des régulateurs montés sur radiateur. L'échauffement normal est perceptible mais ne va pas jusqu'à l'incandescence. Si la température atteint une valeur dangereuse pour le circuit intégré, sa protection interne agit et limite le courant de sortie, éventuellement jusqu'à l'annuler. Naturellement dans ce cas, la tension tombe (on dit que le régulateur "se met à genoux") et il n'est plus question de régulation.

84645

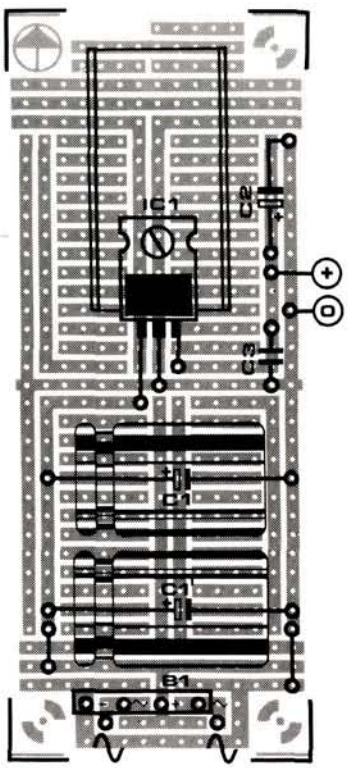
LISTE DES COMPOSANTS
de la figure 1a ou 1b

C2 = 10 µF/16 V
C3 = 100 nF MKM
B1 = B40C1000
C1,IC1,Tr = cf tableau 1

Divers :
1 platine d'expérimentation de format 1
fusible 160 mA MT avec porte-fusible
interrupteur secteur bipolaire
éventuellement un radiateur pour IC1

La tension de service indiquée sur les condensateurs chimiques utilisés sera égale ou supérieure à la valeur spécifiée dans la liste des composants.

a



b

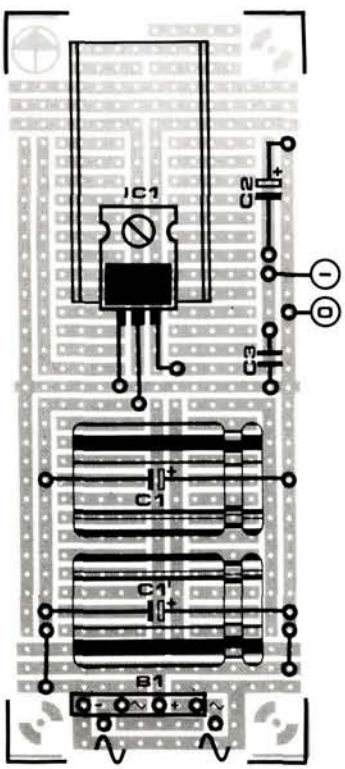


Figure 2 - Une platine standard de format 1 suffit pour la construction de l'une ou l'autre alimentation, positive en 2a, négative en 2b. Le transformateur est extérieur dans tous les cas parce que l'isolement entre les pistes n'est pas suffisant pour la tension du secteur.

PDF Page Organizer - Foxit Software

Ampèremètre sans shunt

ou comment mesurer le courant de plusieurs ampères débité par une batterie de voiture avec un galvanomètre de 50 µA pleine échelle

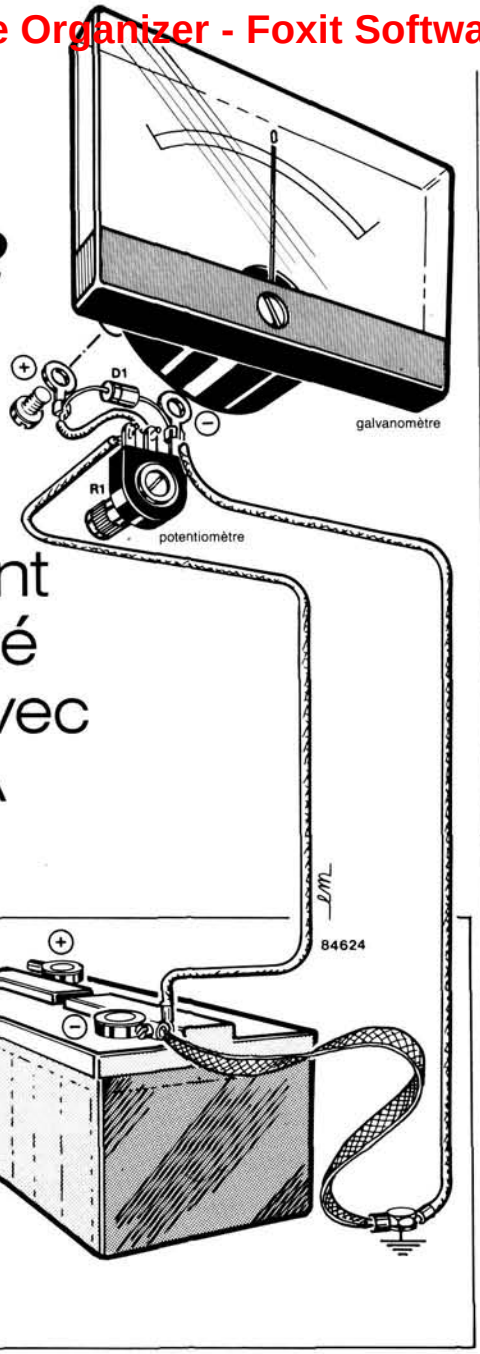


Figure 1 - Un simple galvanomètre à zéro central et un potentiomètre permettent de mesurer des courants gigantesques si on les rapporte à ceux dont nous avons l'habitude dans nos montages électroniques. Le zéro central permet de mesurer aussi bien la charge que la décharge de la batterie.

Il n'est pas rare de voir, le matin sur le chemin du bureau ou de l'école, un automobiliste les bras ballants devant le capot ouvert de sa voiture. Naturellement c'est la batterie qui est encore une fois "à plat", et peut-être même morte de vieillesse. Notre bonhomme est bon pour se fendre de quelques billets de cent francs pour faire remplacer sa batterie. Vous imaginez bien que cela ne lui est pas agréable, mais est-il raisonnable aussi de laisser se décharger sa batterie à ce point ?
Et pourtant le témoin de l'alternateur ne s'est pas allumé !
Cela signifie, Monsieur, que le voyant n'est pas tout à fait digne de confiance, voilà.

Le voyant de charge indique en effet que l'alternateur débite un courant, mais il ne peut pas indiquer si l'intensité du courant à travers l'ensemble des appareils électriques de bord est plus ou moins forte que celle du courant d'entretien. Il est incapable de signaler un déficit éventuel entre revenus et dépenses. Il suffit que l'alternateur débite 1 ampère pour que le voyant s'éteigne, et il s'éteint même si pendant ce temps 30 ampères sont consommés par l'allumage du moteur, les feux, le dégivrage, etc. Dans ce cas, vous l'avez compris, non seulement la batterie ne se charge pas, mais elle se décharge.

L'élextronicien ne se laissera pas prendre : il sait qu'il suffit de mesurer le courant de charge pour connaître l'état de la batterie et de l'alternateur qui la charge. Le petit montage que nous vous proposons permet de mesurer des courants de 50 A avec un micro-ampèremètre, un simple galvanomètre de ± 50 µA.
Normalement la mesure de l'intensité du courant qui circule dans un circuit se fait en interrompant le circuit, puis en le refermant par un ampèremètre, de façon à faire circuler tout le courant à travers l'appareil de mesure. Vous conviendrez qu'il est plutôt malaisé de démonter les connexions de la batterie pour les raccorder à un ampèremètre, ne serait-ce que du fait de la dimension des cosses et des câbles. Essayons donc d'éviter tout ce travail.
Avant même de penser à débrancher les cosses de la batterie, il faudrait d'ailleurs commencer par mettre la main sur un ampèremètre capable de mesurer de 30 à 50 ampères; ce serait déjà un gros modèle.

A défaut d'ampèremètre de 50 A, on peut utiliser un modèle de calibre plus petit en déviant une partie du courant dans une résistance faible branchée en parallèle. C'est ce qu'on appelle un **shunt** (prononcer *cheinte*) ou dérivation.

Il se trouve que tous les courants qui entrent dans la batterie d'une voiture ou en sortent passent par un même conducteur de résistance faible, déjà installé dans la voiture. Il s'agit du gros câble tressé qui relie le pôle négatif de la batterie à la masse du véhicule, soit au bloc-moteur, soit à la carrosserie. Voilà donc un *shunt* tout fait et déjà

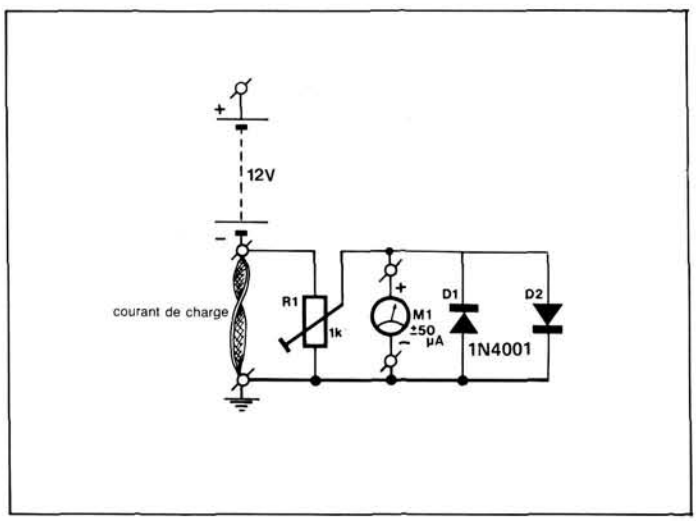


Figure 2 - Le schéma théorique de la mesure est très simple. Il montre à l'évidence que le câble de batterie est utilisé comme un shunt dans un ampèremètre classique.

PDF Page Organizer - Foxit Software

branché. Inutile dans ce cas d'interrompre le circuit : il suffit de brancher notre ampèremètre aux deux extrémités de ce câble.

La résistance du câble qui nous servira de *shunt* est très faible. Elle se mesure en milliohms, une dizaine ou quelques dizaines de mΩ. Le rapport entre les intensités des courants qui traversent des résistances montées en parallèle est égal à l'inverse du rapport des résistances. Ainsi en supposant que la résistance de l'ampèremètre est mille fois plus grande que celle du câble, il circulera un courant de 1 milliampère dans l'ampèremètre s'il circule un courant de 1 ampère dans le câble.
Il reste que nous ne connaissons ni la résistance interne de notre micro-ampèremètre, ni celle du câble. Cela n'a aucune importance, car ce qui nous intéresse, c'est le rapport entre ces deux valeurs. Ha ha !
Oh, quelle tête vous faites ! Vous n'avez pas compris ? Ça peut arriver. Pour illustrer le principe du shunt et pour vous consoler, voici une comparaison qui éclairera peut-être votre lanterne. Les dérivations, c'est comme les sondages. Comment connaître l'avis de millions de gens sur la couleur des cravates de tel homme politique ? Le leur demander personnellement est impossible, alors on prélève un **échantillon représentatif** des populations visées : les personnes interrogées sont choisies de telle manière que l'impression globale que donneront leurs réponses ne soit pas influencée par le nombre de ces réponses. Si le sondage est réussi, le résultat obtenu avec un échantillon de 1000 personnes interrogées est le même que celui qui aurait été obtenu si l'on avait interrogé dix ou cent fois plus d'individus. Les lois qui régissent les échantillons représentatifs sont heureusement plus faciles à manipuler en électronique qu'en statistique ! Vous pouvez donc affirmer sans risque de vous tromper que le courant microscopique mesuré par votre micro-ampèremètre est une image fidèle du courant hénaurme qui circule dans la tresse de masse de la batterie.

Le montage

Le montage comporte un micro-ampèremètre et un potentiomètre. Le micro-ampèremètre est un modèle à zéro central, car nous devons mesurer aussi bien les courants qui entrent dans la batterie (charge) que les courants qui en sortent (décharge). L'aiguille doit pouvoir dévier dans les deux sens par rapport à sa position de repos. Le potentiomètre servira à l'étalonnage, c'est-à-dire à fixer le rapport entre l'intensité totale et la fraction de cette intensité utilisée pour la mesure. Les diodes visibles sur la **figure 2** servent à dévier le courant si d'aventure la tension aux bornes du galvanomètre, donc à leurs bornes, dépassait 0,6 V. Leur rôle est simplement de protéger le galvanomètre.

L'étalonnage

L'étalonnage consistera à amener l'aiguille sur la graduation correspondant à un courant connu. L'intensité peut être déduite de la puissance consommée par l'organe de la voiture mis en service. Rappelons les puissances de quelques-unes des ampoules standard :
phare normal = 45 W, phare à iode H4 = 60 W, lanterne ou navette de plaque d'immatriculation = 5 W. Nous savons que la puissance est égale à

$$P = U \times I$$

L'intensité consommée par l'éclairage sera

$$I = \frac{P}{U}$$

Les variations de tension de la batterie n'introduisent qu'une erreur minime, car les ampoules à incandescence se comportent en régulateurs de courant. Si le courant qui les traverse augmente, leur température aussi, et de ce fait leur résistance aussi. Comme l'augmentation de la résistance du filament s'oppose à l'augmentation du courant, l'intensité varie beaucoup moins que la tension.
Procédez donc comme suit pour l'étalonnage. Branchez votre ampèremètre conformément à la **figure 1**, allumez les feux, moteur arrêté et contact coupé, et tournez le potentiomètre pour amener l'aiguille du galvanomètre sur la graduation correspondant à l'intensité que vous avez calculée. L'étalonnage est terminé.
Si pendant cette opération l'aiguille dévie à droite, il faut inverser les fils de mesure.

L'utilisation

Les tableaux de bord des voitures actuelles ne sont guère accueillants pour des montages de ce genre, aussi faute d'être installé à demeure l'ampèremètre servira-t-il surtout pour des contrôles périodiques du bon fonctionnement de l'installation électrique.
Au moment où vous branchez l'appareil, tout est arrêté et rien ne se passe. A l'établissement du contact d'allumage, vous constatez la consommation des voyants et de la bobine si le rupteur est fermé (c'est le hasard qui en décide). Lorsque vous actionnez le démarreur, la consommation atteint 150 à 200 ampères pendant une ou deux secondes; c'est sans danger pour le galvanomètre grâce aux deux diodes de protection que vous avez montées, fort prudemment.
Sitôt l'alternateur entraîné par le moteur, l'aiguille doit dévier fortement vers la droite. La puissance fournie par l'alternateur est couramment de 300 W, voire de 600 W pour certains moteurs diesel. Comme la batterie vient de subir une décharge importante, elle va accepter pendant quelques dizaines de secondes tout le courant de charge que l'alternateur peut lui fournir, c'est-à-dire de 25 à 50 A suivant les modèles. Ensuite l'intensité va diminuer au fur et à mesure de l'augmentation de la tension de la batterie.
Il est évident que l'étalonnage que vous avez exécuté n'est valable que pour un type de voiture : il dépend de la longueur et de la section du câble qui sert de *shunt*. Le point de raccordement de l'ampèremètre n'est pas indifférent : ce doit être le **premier** point de contact entre le pôle négatif de la batterie et la masse de la voiture si vous voulez prendre en compte **tous** les courants qui circulent par la batterie.

84624

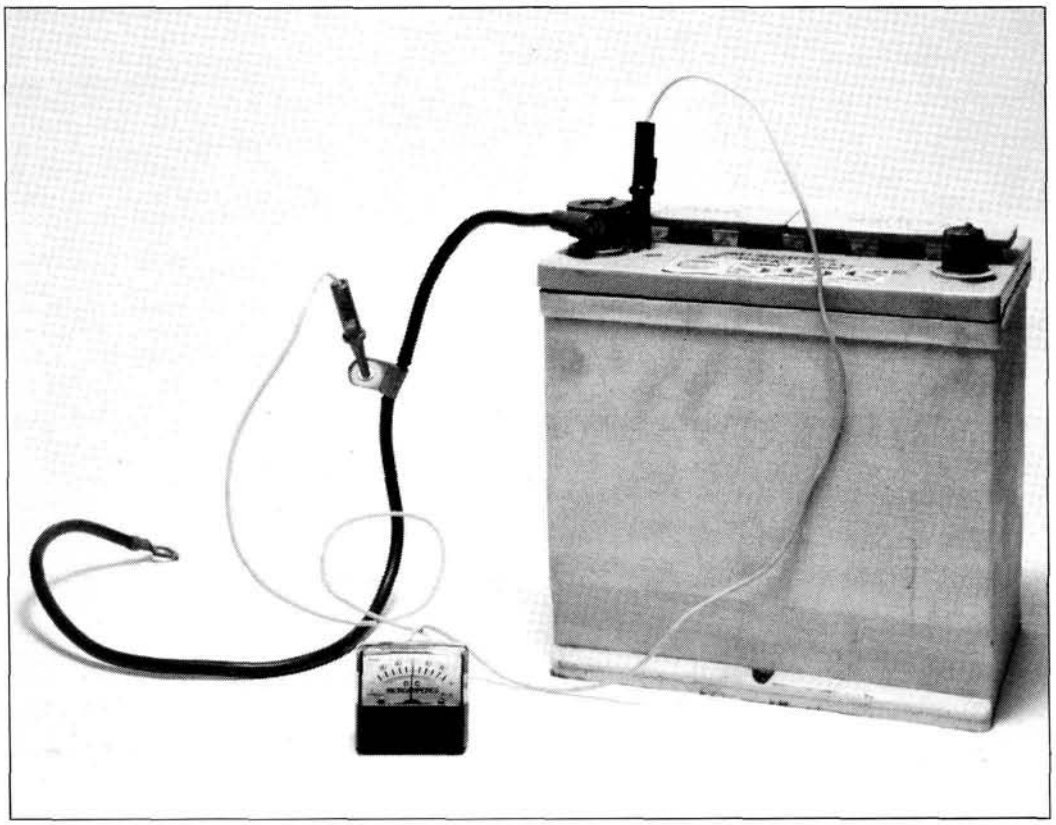


Figure 3 - Voici, extrait de son environnement, l'essentiel de notre montage. La connexion du dispositif de mesure doit se faire au point de masse le plus proche de la borne de la batterie; sans cette précaution, les mesures seraient fausses puisque tous les courants qui circulent ne seraient pas pris en compte. Les fils de mesure peuvent avoir une section et une longueur quelconques, puisqu'ils ne véhiculent qu'un courant infime. La mesure n'apporte aucune perturbation dans le fonctionnement de l'ensemble, ce qui est plutôt rare en électronique (cf La mesure analogique, Elex n°1 et 2).

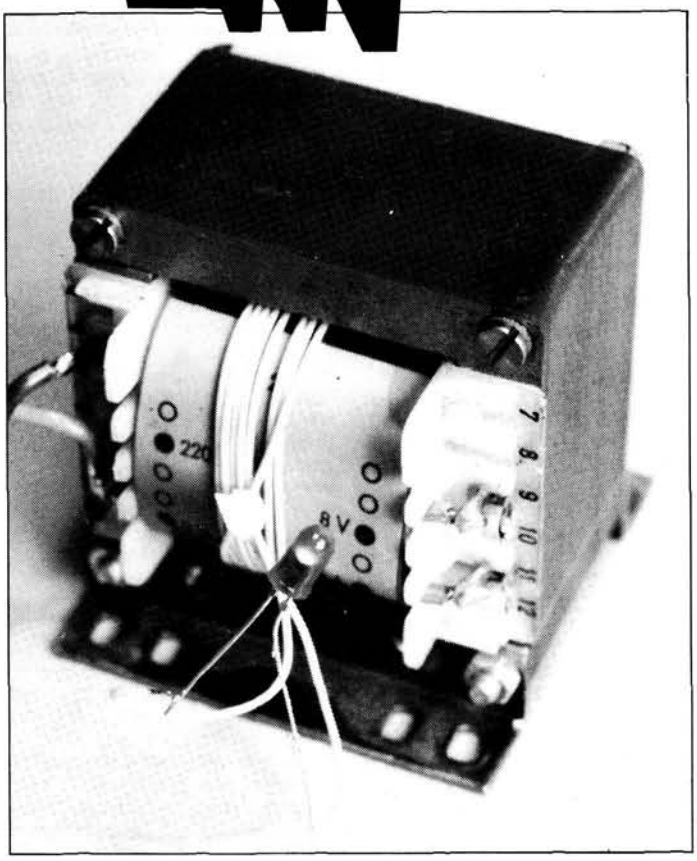
PDF Page Organizer - Foxit Software

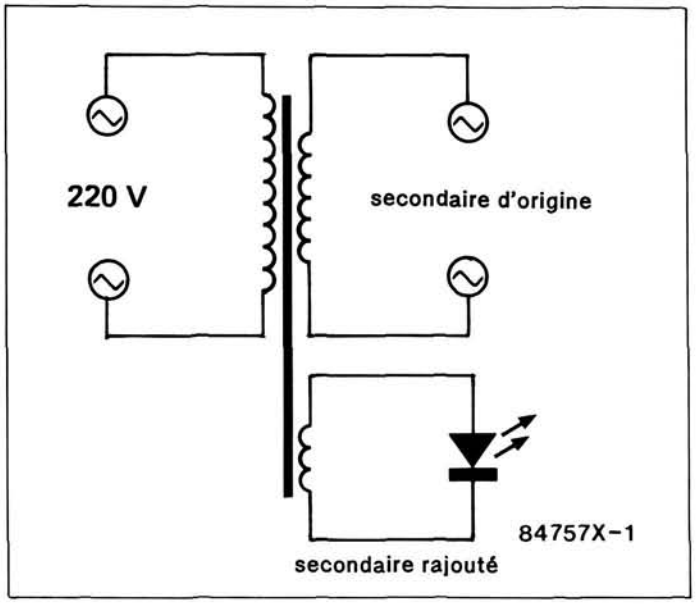
Un indicateur de mise sous tension

Voici une manière originale de mettre à contribution les connaissances récemment acquises sur le transformateur : nous vous proposons de rajouter un enroulement sur un transformateur existant. Drôle d'idée, n'est-ce pas ? La manipulation est intéressante non seulement sur le plan pédagogique, mais elle trouve également une belle application pratique.

Les témoins de mise sous tension montés d'origine sur la plupart des appareils alimentés en 220 V sont souvent des composants difficiles à trouver dans le commerce de détail. L'idée que nous vous soumettons ici est d'en confectionner un soi-même. Vous allez voir, c'est facile, à condition toutefois que l'appareil en question ait un transformateur. La lampe témoin originale sera remplacée par une LED ordinaire. On sait qu'un tel indicateur est alimenté le plus souvent par une tension beaucoup trop élevée pour une LED (la tension sur le primaire du transformateur, soit 220 V) et dangereuse pour l'utilisateur. Il faudrait, pour pouvoir utiliser une LED connectée à la place d'un tel témoin, monter en série non seulement une résistance pour faire chuter la tension, mais aussi une diode pour bloquer les alternances négatives.

Prenez donc plutôt un morceau de fil de câblage fin et isolé, et enroulez-en quelques tours sur le noyau du transformateur comme indiqué sur la photographie. C'est bien le diable si sur un transformateur il ne reste pas assez de place pour passer une douzaine de spires de fil de câblage fin entre l'enroulement secondaire existant et la carcasse !





La tension de service d'une LED est faible, vous le savez : 1,5 à 2 V suffisent. C'est donc vraisemblablement avec moins de 20 spires que vous arriverez à obtenir que votre témoin à LED s'allume quand le transformateur est mis sous tension. Procédez par étapes successives (sans couper le fil au début) à partir de cinq ou six enroulements, en en rajoutant un chaque fois jusqu'à obtention du résultat souhaité, c'est-à-dire que la LED s'allume franchement.

Quand la LED sera allumée, branchez un multimètre en série avec la LED et le fil enroulé sur le noyau du transformateur; choisissez la fonction ampèremètre avec un calibre de 100 mA. Le résultat à obtenir maintenant est l'indication d'un courant de 20 mA environ, avec lequel la LED fonctionnera normalement pendant des années. Si l'intensité du courant est plus forte, il faudra réduire le nombre d'enroulements, à défaut de quoi la LED rendrait l'âme prématurément.

Encore un bon tuyau de l'ELEXPERT qui vous permettra d'épater vos amis, élèves, professeurs (barrez les mentions inutiles) ! 84757

MAGNETIC-FRANCE

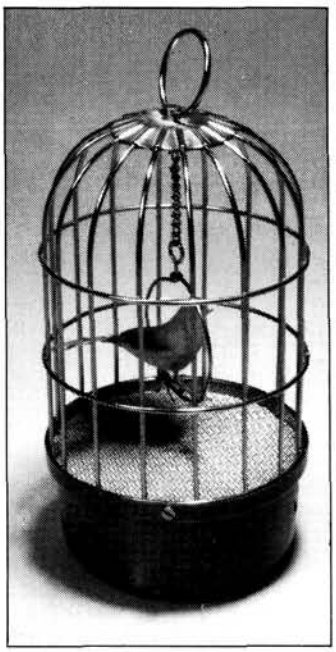
Circuits Intégrés, Analogiques, Régulateurs Intégrés, Interfaces, Micro-Processeurs, Mémoires RAM Dynamiques Statiques, Eprom et Eeprom, Quartz, Bobinage, Semi-Conducteurs Transforiques, Filtres, Ligne à retard, Leds, Supports de CI, Ponts, Opto-Electronique, etc.
Et de nombreux KITS.

Bon à découper pour recevoir le catalogue général
Nom
Adresse
Envoi Franco 35 F - Vendu egalement au magasin

11, Place de la Nation, 75011 Paris **43 79 39 88**
Télex 216 328 F - Ouvert de 9 h 30 à 12 h et de 14 h à 19 h
Fermé le Lundi.

PDF Page Organizer - Foxit Software

Rossignol électronique



Drôle d'oiseau direz-vous quand vous examinerez le schéma présenté ici. Que direz-vous quand vous entendrez le signal qu'il produit, car tout électronique qu'il soit, ce rossignol fait des roulades qui feront tourner la tête à plus d'une personne qui l'entendra.

Les circuits électroniques qui produisent des signaux sonores sont parmi les plus populaires, à raison d'ailleurs. Abstraction faite de l'intérieur du circuit intégré, notre oiseau artificiel est certainement beaucoup plus simple que ces oiseaux mécaniques que l'on trouvait dans les horloges autrefois. Chercher à imiter le cri d'un oiseau avec des moyens artificiels, c'est vieux en effet comme les coucous de ces bonnes vieilles horloges suisses. Ici nous n'aurons pas à assembler une mécanique de précision, avec des réservoirs d'air et des mini-sifflets pour obtenir notre cri d'oiseau. Ce seront quelques opérateurs logiques transformés en oscillateurs pour la circonstance, et quelques composants discrets. Le champ d'application d'un tel circuit n'est pas limité en ce qui nous concerne : bruitage de scène, effets spéciaux, sonnette de porte d'entrée ou de vélo, sonnerie de téléphone, pochette surprise... laissez votre imagination vagabonder, vous trouverez encore bien des idées d'utilisation pour ce circuit qui est aussi un prétexte à l'expérimentation avec des oscillateurs.

Quatre opérateurs NON-ET

Le circuit intégré utilisé comporte quatre opérateurs NON-ET tout simples. Ces opérateurs sont indépendants les uns des autres, mais ils ont tous les quatre des entrées à trigger de Schmitt. Trois d'entre eux nous serviront à fabriquer des oscillateurs (N2, N3 et N4) tandis que le quatrième (N1) va jouer le rôle de bascule monostable. Par opposition à une bascule bistable dont la sortie change d'état quand on le lui demande, puis reste dans cet état jusqu'à ce qu'on lui demande de repasser dans l'état initial, la bascule monostable n'a qu'un seul état stable : elle change d'état quand on le lui demande, mais revient automatiquement à son état initial après un laps de temps plus ou moins long.

Ici la fonction de la bascule monostable est de faire chanter l'oiseau pendant quelques secondes après que l'on ait appuyé sur S1, et de le faire taire après. La durée du chant de l'oiseau est réglable à l'aide de P1. La bascule monostable est donc une espèce de temporisateur.
Imaginons que sur le schéma de la figure 1, la résistance R1 est reliée à la ligne d'alimentation positive par le pont de câblage B, et que S1 est fermé. Le pont de câblage A n'est pas implanté. Après la mise sous tension, une fois que C1 est chargé, les deux entrées de N1 sont à un niveau de tension que cet opérateur considère comme haut. Sa sortie est donc basse et bloque le circuit en aval. Appuyons brièvement sur S1; nous forçons à 0 l'entrée broche 9 de N1 et en même temps nous déchargeons C1. La sortie de N1 passe au niveau haut. Maintenant l'oscillateur construit autour de N2 peut osciller. Sa fréquence, réglable à l'aide de P2, doit être comprise entre

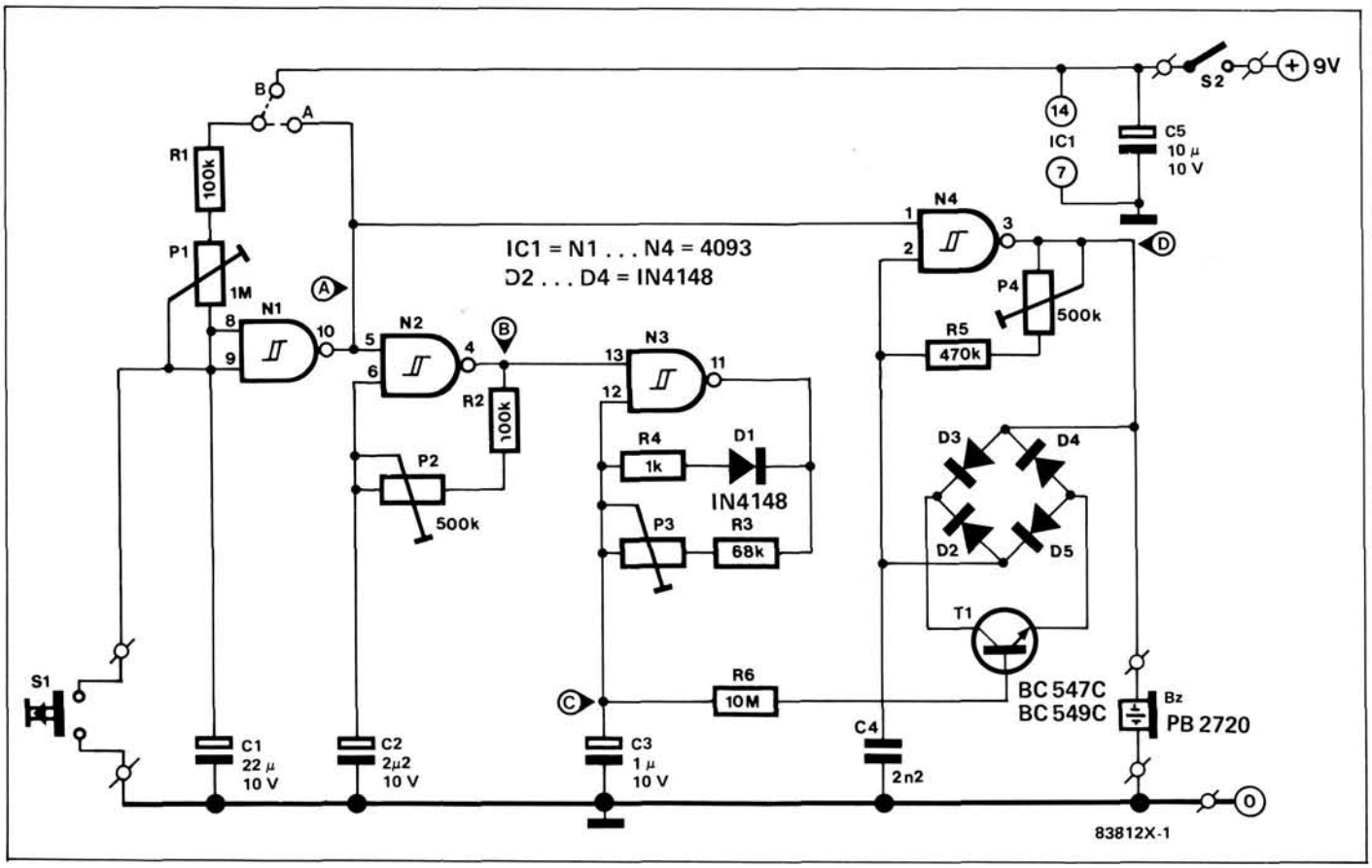


Figure 1 - Trois oscillateurs (N2, N3 et N4) et une bascule monostable (quand le pont de câblage B est mis), voilà ce qu'il nous faut pour faire chanter un oiseau. On peut aussi supprimer S1 et mettre le pont de câblage A. La bascule N1 devient oscillateur, et l'oiseau ne s'arrête plus de chanter que lorsqu'on ouvre S2.

PDF Page Organizer - Foxit Software

1 Hz et 4 Hz (une à quatre impulsions par seconde). L'oscillateur construit autour de N3 donne aussi des impulsions, mais du fait de la présence de D1, celles-ci ont un rapport cyclique asymétrique. Ici notre circuit commence à devenir passablement ornithologique. La sortie de l'oscillateur vers R6 n'est pas la sortie de l'opérateur logique N3, mais son entrée ! En fait, c'est le condensateur qui nous intéresse, ou plus précisément la tension qui règne à ses bornes. Comme le montre le chronogramme de la figure 2, il règne au point C une tension en dent de scie, car le condensateur est déchargé presqu'instantanément à travers R4 et D1 quand la sortie de N3 passe au niveau bas, alors que sa charge est progressive à travers R3 et P3. Vous allez voir à quoi nous sert cette tension qui monte lentement pour retomber brutalement avant de repartir. Le circuit construit autour de N4 n'est pas un oscillateur comme les autres. Grâce à T1 et aux diodes D2 à D5 ce circuit pourra être soumis à une tension de commande qui en fera varier la fréquence. Plus la tension de commande est forte, plus la fréquence des oscillations est élevée. On dit que la fréquence est modulée. Comme le montre l'avant-dernière ligne du chronogramme (D) le son que va produire la résonateur piézo-électrique Bz est grave d'abord puis monte progressivement vers l'aigu, avant de redevenir brutalement plus grave et repartir vers l'aigu, à chaque fois plus haut. En deux mots, c'est ainsi que naît le gazouillis qu'il est finalement plus facile d'imiter avec quelques opérateurs logiques que de décrire en trois lignes. Si l'on cherche à l'imiter avec des sons vocaux on fera quelque chose comme «coui cuuii cuiii kwiiiii». Si, si, essayez !

La fréquence de l'oscillateur qui produit les dents de scie (N3) varie entre 20 et 50 Hz, chaque fois que la sortie de N2 est au niveau haut, c'est-à-dire une à quatre fois par seconde environ. L'oscillateur N4 est donc modulé par N3 au rythme que leur impose N2. C'est assez difficile à comprendre dans l'abstrait, mais une fois que vous aurez le circuit devant vous, ça ira tout seul.

Il y a des possibilités de réglage assez intéressantes avec P3 et P2. A certains moments, quand la différence de fréquence entre les deux oscillateurs n'est plus très grande, l'effet obtenu est incroyablement ressemblant. Il faut vraiment se donner la peine d'épuiser toutes les combinaisons possibles des réglages de P2 et P3. Quant à P4 qui fixe la fréquence de repos de l'oscillateur quand il n'est pas commandé par une tension, il permet en quelque sorte de déterminer la race de l'oiseau, et surtout son âge et son sexe. En effet, selon le réglage de P4, le cri sera plus ou moins aigu ou grave.

Quand la sortie de N1 revient à 0 en fin du délai de temporisation, N2 n'oscille plus : sa sortie est au niveau haut et elle n'empêche donc pas l'oscillateur construit autour de N3 d'osciller librement, et de moduler N4 qui oscillerait d'ailleurs joyeusement lui-même si on ne l'en empêchait. La liaison entre la sortie de N1 et l'entrée de N4 garantit en effet que l'oiseau

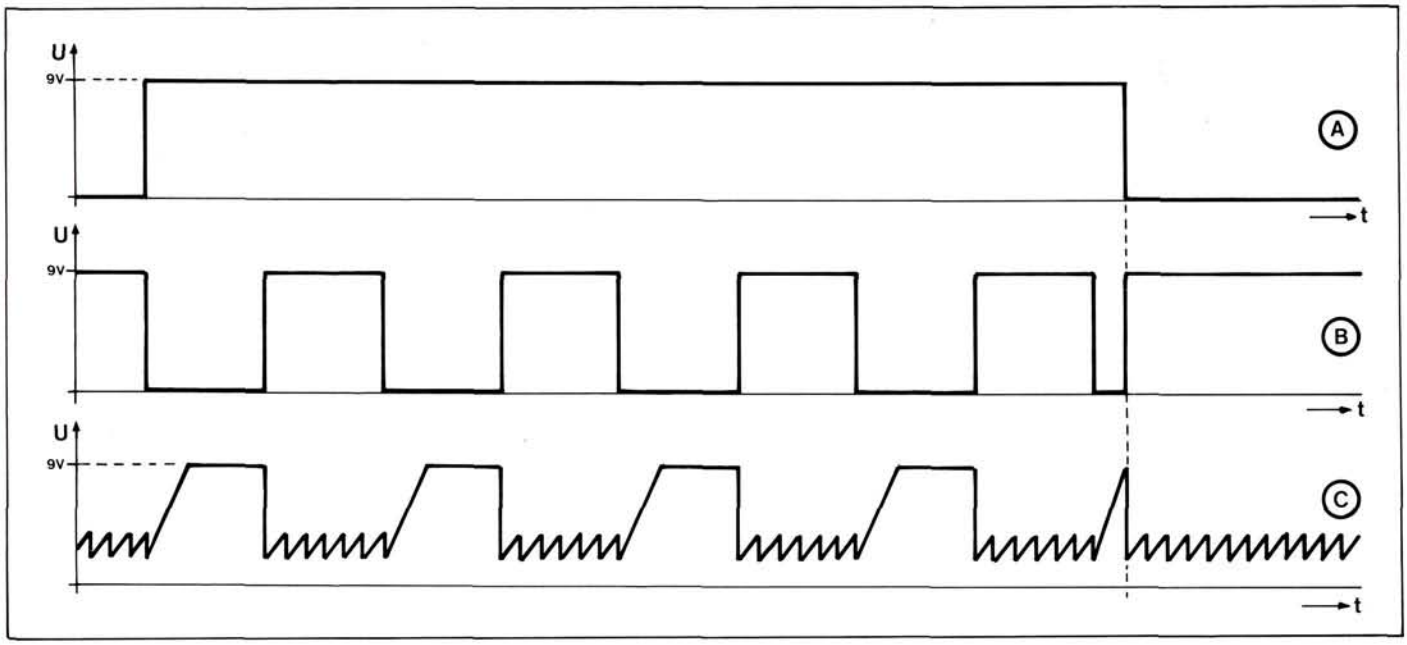
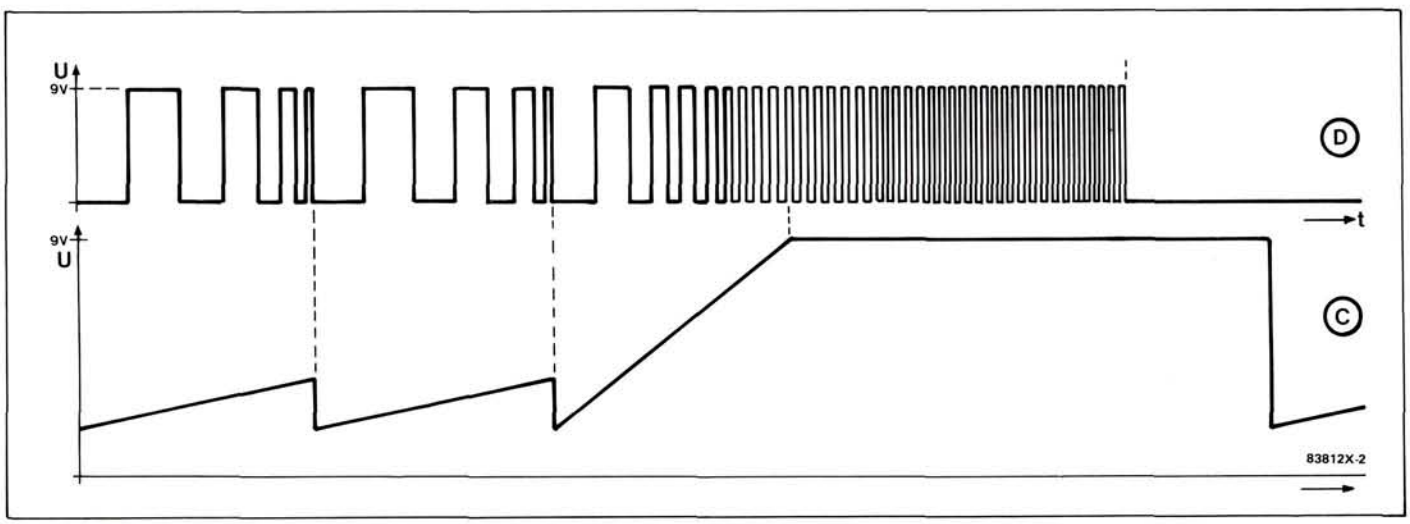


Figure 2 - Chronogramme des signaux de la figure 1 aux points A, B, C et D. Quand la sortie de N1 est haute (point A), l'oscillateur N2 produit des impulsions (B) qui interrompent les oscillations de N3 (C). Quand la sortie de N2 est basse, les dents de scie relevées sur le condensateur C3 sont arrêtées. La tension sur C3 grimpe jusqu'à la tension d'alimentation et y reste tant que le point B est à 0. C'est ainsi que sont obtenues les roulades successives interrompues par un sifflement de hauteur constante (D).



Dans la seconde partie du chronogramme (deux dernières lignes), l'axe des temps a été changé et nous voyons les signaux à la loupe. Comparez le signal C du bas à celui du haut ! Pendant que la tension monte au point C, la fréquence au point D s'élève aussi. Quand le point C est arrivé à la tension d'alimentation, la fréquence de N4 reste stable.

PDF Page Organizer - Foxit Software

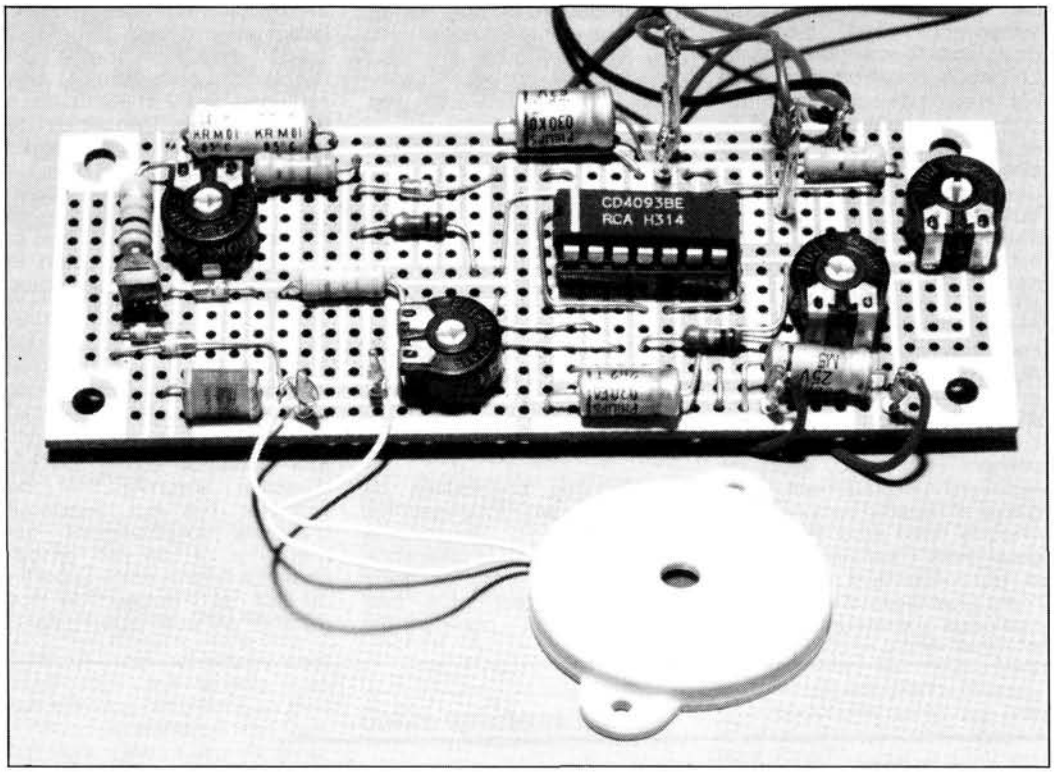


Figure 3 - La vue du prototype du bruiteur ornithologique ne vous donne-t-elle pas envie de vous y mettre en vitesse ? Montez le résonateur piézo dans une petite boîte en plastique ou au bout d'un tube, ça sonne mieux.

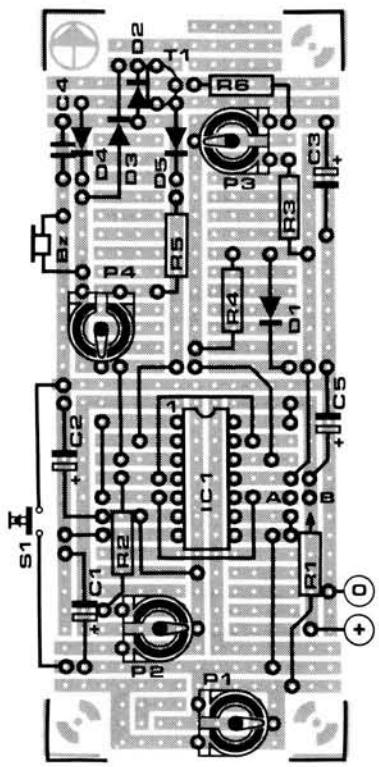


Figure 4 - Quatre organes de réglage pour manipuler la race, l'âge et même l'ardeur de votre rossignol électronique.

Liste des composants

R1 = 100 kΩ (470 kΩ)
R2 = 100 kΩ
R3 = 68 kΩ
R4 = 1 kΩ
R5 = 470 kΩ
R6 = 10 M
P1 = 1 M var.
P2, P4 = 500 kΩ var.
P3 = 100 kΩ var.

C1 = 22 µF/10 V
C2 = 2,2 µF/10 V
C3 = 1 µF/10 V
C4 = 2,2 nF
C5 = 10 µF/10 V
T1 = BC547C ou BC549C
D1 à D5 = 1N4148
IC1 = 4093

Divers :
Bz = résonateur piézo-électrique PB2720
S1 = poussoir
S2 = interrupteur
platine d'expérimentation de format 1

La tension de service indiquée sur les condensateurs chimiques utilisés sera égale ou supérieure à la valeur spécifiée dans la liste des composants.

se tait aussitôt que le délai de temporisation est passé. Si vous voulez que l'oiseau continue de chanter sans interruption, il ne suffit pas de supprimer cette liaison; il faut au contraire la laisser en place, mais suivre les instructions que nous vous donnons ci-dessous.

Si vous remplacez le pont de câblage B par le pont A, vous transformerez N1 en oscillateur. La fréquence de ses impulsions est extrêmement basse et elle a sur le reste du circuit le même effet qu'avaient auparavant des fermetures successives de S1 à la main. Dans ce cas, le poussoir S1 pourra être supprimé. Pour faire taire le canari, inutile de couvrir sa cage, ouvrez plutôt S2.

Réalisation taxidermique

Peut-on être plus éloquent que la photo de la **figure 3** ? Difficilement, n'est-ce pas ? Vous préféreriez des photos en couleur, comme on vous comprend !
Les composants sont répartis sur toute la surface de la plaquette, ce qui en facilite l'accès avec les cordons de mesure du multimètre (ou de l'oscilloscope) et évite tout risque de court-circuit.
Les condensateurs polarisés et les diodes doivent être implantés dans le sens indiqué sur le plan de la **figure 4**. Le corps des condensateurs électro-chimiques est relié au pôle négatif représenté par la barre noire sur les symboles; la même barre noire représente le pôle négatif, c'est-à-dire la cathode des diodes. Vous retrouvez cette barre noire sur le corps de la diode elle-même sous la forme d'un anneau de couleur noire. Le circuit intégré n'apprécie pas les décharges d'électricité statique; évitez donc soigneusement tout contact avec ses broches tant qu'il n'est pas en circuit. Sa broche 1 est à gauche de l'encoche quand vous voyez le boîtier de haut. Si vous regardez le côté soudures de la platine, la broche 1 se trouve à droite de l'encoche.
Pour ce qui est de la mise en boîte, à vous de faire marcher vos méninges. Nous ne voudrions ajouter qu'une petite suggestion. Ce circuit a été conçu par quelqu'un qui aime les oiseaux, mais qui adore aussi les chats. Le but de l'opération étant de dresser un chat à laisser en paix des oiseaux factices avant de le lâcher dans une volière. . . malgré des essais répétés et une patience de dompteur chinois, l'opération n'a pas réussi et nous ignorons si c'est une question de mauvais réglage de P3 ou plutôt de la mauvaise volonté de la part du chat (à titre de représailles, nous étudions en secret un circuit imitant les aboiements. . .)

83812

PDF Page Organizer - Foxit Software

Testeur de continuité

Le grand moment est arrivé : le câblage est terminé, tous les composants sont soudés sur la platine. Vous rangez votre fer à souder et vous appliquez la tension d'alimentation (celà consiste le plus souvent à brancher la pile de 9 V). Votre montage fonctionne du premier coup ? Bravo ! Passez à l'article suivant.

Votre montage ne fonctionne pas comme vous l'attendiez ? Rien ne va plus ! Pas de chance, il y a une erreur. Vous ne pouvez pas en rester là et attendre que le coupable vienne se dénoncer. Et vous ne pouvez pas non plus vous en remettre à la chance, comme à la roulette, pour faire fructifier votre mise (l'apport en composants et en travail). Le travail de câblage consiste à établir par soudure des liaisons électriques; si un défaut de câblage empêche votre appareil de fonctionner, c'est vraisemblablement qu'une liaison prévue n'existe pas ou qu'un liaison inutile (et donc néfaste) existe. Pour truquer un jeu de hasard et mettre toutes les chances de son côté, le joueur dispose d'une martingale. La nôtre s'appelle testeur de continuité.

Le testeur de continuité est un petit appareil de mesure qui indique si le courant passe ou non entre les deux points auxquels sont raccordées les pointes de touche. Si la liaison électrique est **continue**, c'est-à-dire si le courant passe, un signal sonore retentit. Le signal sonore permet de ne pas quitter des yeux le montage qu'on est en train de tester, et donc de placer précisément les pointes de touche. Une vérification systématique du circuit consiste à tester aussi bien l'existence des liaisons prévues que l'absence de liaisons imprévues. Il faut vérifier que des points contigus de la platine sont isolés et qu'une soudure un peu grosse n'est pas venue les court-circuiter. Si tout est normal, pas de signal sonore. Les soudures ''sèches'', quand l'étain n'a pas bien coulé, peuvent se révéler isolantes ou avoir une résistance trop grande. Dans ce cas, pas de signal non plus.

Le circuit

Les électriciens qui câblent des armoires électriques utilisent une ''sonnette'' pour tester la continuité d'un circuit. Il s'agissait, au début au moins, d'une sonnette de porte alimentée par une pile et deux fils qu'on raccordait aux points à tester. La sonnette retentissait si le contact électrique était établi. D'où l'expression que vous pouvez encore entendre : sonner un fil, qui signifie vérifier à la sonnette s'il est conducteur et bien raccordé.

Notre testeur de continuité est un peu différent de la sonnette des électriciens : entre autres, il ne réagira pas, comme le ferait une sonnette, si la liaison entre les deux points à tester est établie par une jonction de diode ou de transistor. En effet, nous appliquons au circuit une tension très inférieure à la tension de seuil des semi-conducteurs; le test est donc sans danger pour les composants en place sur le circuit. L'utilisation d'une pile et d'un avertisseur gros consommateur de courant pourrait provoquer des catastrophes si le courant venait à passer par un semi-conducteur sensible. La jonction base émetteur d'un transistor du genre BC 5XX ne supporte pas plus d'une dizaine de milliampères. De plus, il faut éviter la confusion entre d'une part une liaison effectuée par câblage, piste de la platine ou pont en fil, et d'autre part une résistance de faible valeur (une centaine d'ohms ou moins).

Le problème est posé : il nous faut mesurer, ou au moins apprécier, des résistances faibles au moyen de courants faibles. Nous allons donc devoir mesurer des tensions faibles. Le composant tout indiqué pour celà est l'amplificateur opérationnel. L'amplificateur opérationnel utilisé (**figure 1**) est un bon vieux 741. *Il s'agit d'un des premiers types disponibles lors de l'arrivée sur le marché des amplificateurs opérationnels. Il présentait l'avantage par rapport à son prédécesseur, le 709, d'avoir une compensation en fréquence intégrée. On considère maintenant qu'un amplificateur a un gain en boucle ouverte constant sur toute sa bande passante (voir ELEX ABC). Si c'est vrai, c'est au prix d'un dispositif de compensation en fréquence des imperfections des composants internes du circuit intégré. Ce dispositif de compensation, en général un condensateur, devait être monté par l'utilisateur; les composants modernes ont fait oublier que la compensation en fréquence existe. On ne devient pas un classique par hasard. Si le 741, vieillot en comparaison des amplificateurs opérationnels modernes à entrées par ''JFET'', est devenu le classique qu'il est, c'est grâce à des qualités de précision, de stabilité et de robustesse qu'il a gardées et qui justifient qu'on l'utilise encore couramment.*
Donc, disions-nous, c'est un **bon vieux** 741 qui va servir à réaliser notre testeur de continuité.

L'amplificateur opérationnel réagit aux différences de tension entre ses deux entrées, inverseuse et non-inverseuse, broches 2 et 3. Le circuit intégré IC1 est monté ici en amplificateur de différence. Comme il n'y a pas de contre-réaction, (la contre-réaction consiste à réinjecter une partie du signal de sortie à l'entrée, par un chemin électrique qui s'appelle justement boucle de contre-réaction) la sortie prendra la valeur maxi-

PDF Page Organizer - Foxit Software

male permise par la tension d'alimentation, conformément au signe de la différence de tension entre les deux entrées. Si l'entrée non-inverseuse (+) présente un potentiel supérieur à celui de l'entrée inverseuse (–), la tension de la sortie sera celle de l'alimentation positive. Si la différence de tension est négative, c'est-à-dire si la tension de l'entrée non-inverseuse est inférieure à celle de l'entrée inverseuse, la sortie prendra la valeur de la tension d'alimentation négative (ici 0 V car notre alimentation n'est pas symétrique).

Si les apartés vous fatiguent, sautez-les, ils sont en italiques. Quand on dit que la tension de sortie est égale à la tension d'alimentation, c'est une façon abrégée de dire que la tension de sortie prend sa valeur maximale, égale à la tension d'alimentation diminuée de la tension de déchet des transistors internes qui constituent l'étage de sortie du circuit intégré. Cette tension de déchet est variable suivant que la sortie tend vers l'alimentation positive ou négative et suivant la polarité (PNP ou NPN) des transistors en question. Nobody is perfect !

La tension présente sur les deux entrées est à peu près identique et égale à la moitié de la tension d'alimentation, du fait de la division par R1/R3. La tension aux bornes de R2 se calcule suivant la loi d'Ohm :

$$V = \frac{9\ V}{22000 + 22000 + 10} \times 10 = 0{,}00204\ V$$

Cette tension de 2,0 mV est celle qui sera appliquée par les pointes de touche au circuit à tester. Elle ne risque pas d'y provoquer des dégâts. L'autre conséquence est qu'il faudra une liaison de résistance vraiment faible pour que cette faible tension y fasse naître un courant mesurable.

En continuant d'appliquer la loi d'Ohm, on constate que la tension sur les deux entrées n'est pas égale. C'est, à 1 millième près, la même tension qu'aux bornes de R2.

Nous supposons qu'il ne circule aucun courant par les entrées elles-mêmes. Cet a-priori (d'aucuns diraient ce postulat) fait partie de la définition de l'amplificateur idéal. Nobody is perfect, mais les courants d'entrée d'un amplificateur opérationnel, même vieux et bipolaire, sont négligeables puisqu'ils se mesurent en dixièmes de microampères.

Comme la tension de l'entrée inverseuse est supérieure de 2 mV à celle de l'entrée non-inverseuse, la sortie prendra sa valeur la plus négative, soit 0 V.
Voir plus haut pour l'excursion en tension. Zéro volt représente ici la tension d'alimentation négative; comme quoi tout est relatif.
Si vous court-circuitez R2 au moyen des pointes de touche, la tension différentielle s'annule. Les deux entrées étant au même potentiel, il n'y a plus de raison pour que la sortie reste à 0 V.
C'est ici qu'intervient la résistance R6, de valeur considérable (470 kΩ), reliée au curseur du potentiomètre P1. A travers cette résistance hénaurme et une fraction de P1 variable en fonction de la position du curseur, vous allez faire naître des courants ridiculement faibles à travers R5 et R4 (n'oublions pas que R2 est court-circuitée). Ces courants minuscules font naître des tensions infimes aux bornes des résistances qu'ils traversent. La tension des deux entrées est supérieure à la tension du point commun de R1 et R3. L'une de ces deux tensions infimes peut être rendue plus infime que l'autre par l'action sur le potentiomètre P1. Faites en sorte que la tension de l'entrée non-inverseuse soit légèrement supérieure à celle de l'entrée inverseuse, et vous ne serez pas surpris de voir la sortie de l'amplificateur opérationnel passer à son niveau maximum, soit la tension d'alimentation positive.

Si le court-circuit qui relie les points A et B a une valeur supérieure à 1 Ω, la tension aux bornes de R2 restera suffisante pour que la sortie de l'amplificateur opérationnel garde sa valeur 0 V.

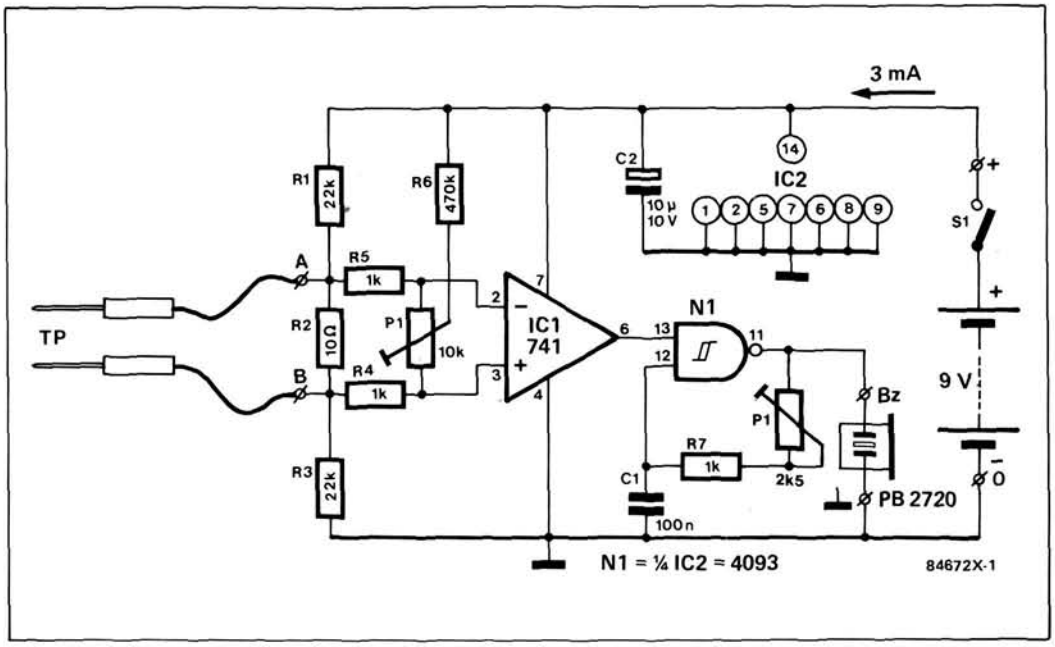


Figure 1 - Le testeur de continuité mesure la résistance entre deux points et délivre un signal sonore si elle est inférieure à 1 ohm. Il vous permet donc de détecter sur un montage terminé la présence ou l'absence de liaison électrique, et d'en tirer les conclusions sur la concordance entre le circuit et le schéma.

Et avec les oreilles ?

Nous avons donc un circuit capable de signaler par le niveau de la tension de sortie un court-circuit franc (résistance inférieure ou égale à 1 Ω) entre les deux pointes de touche. Comme les contrôles auxquels vous êtes en train de vous livrer vous imposent déjà d'avoir un oeil sur le schéma et l'autre sur le montage lui-même, que vous avez les deux mains occupées, chacune par une pointe de touche, il ne vous reste vraiment que les oreilles pour prendre connaissance du résultat de la mesure.

Il s'agit donc d'ajouter un circuit qui émette un son lorsque la tension de la sortie de l'amplificateur est positive. Le transducteur sera un vibreur piézo-électrique (buzzer en anglais), attaqué simplement par un oscillateur, lui-même activé ou bloqué par une tension.

Le transducteur est l'organe qui transforme une vibration électrique en vibration mécanique. Il peut s'agir des écouteurs d'un casque de baladeur, d'un haut-parleur ou bien comme ici, d'un vibreur en céramique piézo-électrique. Ce vibreur produit un volume sonore important en consommant peu d'énergie et sans nul besoin d'un aimant permanent, pour peu qu'on veuille bien l'attaquer à sa fréquence de résonance. Un timbre de sonnette (de porte) émet un son après un bruit violent, sans qu'on l'ait sollicité par un choc du marteau : il résonne.

L'oscillateur est constitué d'une porte NAND, d'une résistance et d'un condensateur. La porte NAND est modèle à *trigger de Schmitt*, qui a deux seuils de tension de basculement bien définis. La charge de C1 par R7 fait monter la tension sur C1. Lorsque cette tension, appliquée à l'entrée (broche 12) a atteint le seuil haut du *trigger*, la sortie passe à zéro. A ce moment, la résistance R7 commence à décharger C1 jusqu'à ce que sa tension devienne égale au seuil bas du *trigger*. A ce moment la sortie passe à un, la résistance R7 charge le condensateur C1. . .

Ca ne finira donc jamais ?
Si, ça finira; et avant que la pile soit vide. Il suffit que l'autre entrée (broche 13) de N1 passe à zéro. Cela aura pour effet de bloquer à un la sortie. Le vibreur ne vibre plus, et c'est ce que nous voulions, puisque si l'entrée (13) de N1 est à zéro, c'est que la sortie (broche 6) de IC1 y est aussi. C'est le cas lorsque R2 n'est pas court-circuitée par les pointes de touche, donc quand la liaison testée n'est **pas continue**.

La construction et le réglage

La **figure 2** donne assez de renseignements sur la construction pratique pour que vous la meniez à bien sans erreur. Utilisez des supports pour les deux circuits intégrés IC1 et IC2. Le condensateur C2, polarisé, ne peut être monté que dans un seul sens : le bon. C'est aussi une question de bon sens que de commencer par les ponts

PDF Page Organizer - Foxit Software

Liste des composants

R1,R3 = 22 kΩ
R2 = 10 Ω
R4,R5,R7 = 1 kΩ
R6 = 470 kΩ
P1 = 10 kΩ
P2 = 2,5 kΩ
C1 = 100 nF
C2 = 10 µF/10 V
IC1 = 741 (amplificateur opérationnel)
S1 = interrupteur marche-arrêt
1 coupleur de pile
1 pile compacte de 9 V
1 buzzer PB270
4 picots à souder ∅ 1,2 mm
fil de câblage souple
1 platine d'expérimentation de format 1
1 boîtier en plastique

La tension de service indiquée sur les condensateurs chimiques utilisés sera égale ou supérieure à la valeur spécifiée dans la liste des composants.

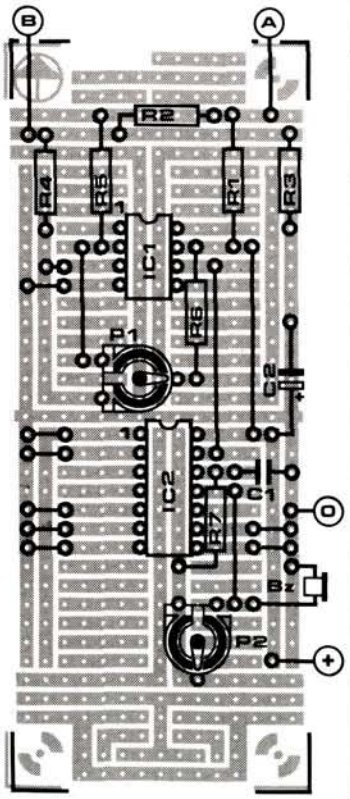


Figure 2 - La platine de format 1 reçoit tous les composants, exception faite de la pile, de l'interrupteur et des douilles de mesure. La présence de deux circuits intégrés doit vous inciter à faire des soudures fines pour éviter les courts-circuits entre broches voisines.

en fil et de continuer par les résistances.

Une pile de 9 V suffit pour l'alimentation. Un test avant la mise en boîte ne serait pas idiot. Placer en position médiane le curseur des potentiomètres P1 et P2, court-circuitez les points A et B, et appliquez la tension d'alimentation. Si le vibreur ne vibre pas, tournez P1 jusqu'à ce qu'il le fasse.

C'est avec P2 que vous allez régler le volume sonore du vibreur; non pas en agissant sur l'amplitude de la tension appliquée à ses bornes, mais sur sa fréquence. En effet, l'amplitude est fixe car elle est déterminée par la tension d'alimentation et les caractéristiques du circuit intégré. Le volume sonore est maximal quand le vibreur est attaqué à sa fréquence de résonance.

C'est pour ménager une possibilité de réglage de la fréquence que P2 a été monté en série avec R7.

Séparez les pointes de touche, ce qui supprime le court-circuit entre A et B, le vibreur se tait. S'il persiste, il convient de retoucher le réglage de P1.

Le réglage précis se fait avec une résistance de 1 Ω à ± 5% en guise de court-circuit. Tournez P1 jusqu'à supprimer le signal sonore, puis revenez légèrement en arrière. Vérifiez que le réglage est correct en constatant que le vibreur reste silencieux avec une résistance de quelques ohms entre les pointes de touche.

Votre circuit marche du premier coup ? Bravo ! Sautez le paragraphe suivant.

Si le vibreur ne veut rien savoir et reste muet, il vous faudra contrôler votre câblage visuellement, faute de testeur de continuité. Les vérifications porteront sur la valeur des composants, leur place et leur sens pour les composants polarisés. Si vous disposez d'un multimètre, mesurez la tension entre le 0 V (pôle négatif de la pile) et le point A. Elle doit être de 4,5 V. La tension de sortie doit être nulle ou proche de zéro. Elle doit être proche de 8 V quand A et B sont court-circuités.
Si tous ces points sont vérifiés, le défaut provient de IC1. Il est important également que le vibreur soit du type indiqué.

Vous pouvez passer à la mise en coffret, que vous choisirez solide, plutôt lourd pour qu'il n'ait pas tendance à suivre les fils dans tous leurs déplacements, pas trop encombrant, pas inesthétique non plus, car vous n'allez plus pouvoir vous en passer.

84672

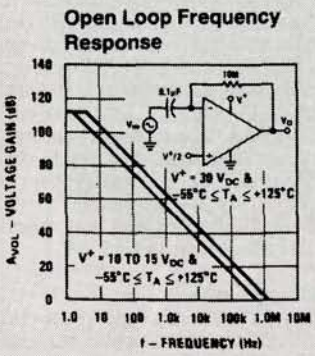
elex-abc

La bande passante

Le spectre des fréquences des oscillations électromagnétiques va de zéro, pour le continu à quelque chose comme l'infini, ou pas loin, en passant par les basses fréquences, les ondes ultra-courtes, les infrarouges, la lumière visible. . .
On appelle bande passante d'un dispositif électrique ou électronique la fraction du spectre susceptible d'être transmise par ce dispositif dans des conditions données. Un amplificateur HiFi aux normes DIN 45500, par exemple, peut reproduire des signaux électriques dont la fréquence va de 20 Hz à 20000 Hz. Un amplificateur d'antenne FM transmet des signaux de fréquence comprise entre 80 MHz et 140 MHz. Il s'agit dans chaque cas de la **bande passante** de l'amplificateur considéré. Elle est transmise dans des conditions données, par exemple à ± 3 dB (décibels) pour l'amplificateur HiFi.

La compensation en fréquence

Les amplificateurs opérationnels intégrés sont constitués de composants similaires aux composants discrets que nous utilisons par ailleurs. Du fait des capacités entre ces composants, le gain de l'amplificateur varie en fonction de la fréquence, comme si un filtre entrait en action. La compensation en fréquence consiste à ajouter entre des points judicieusement choisis un ou plusieurs condensateurs qui annuleront l'effet de ces filtres parasites, pour rendre à l'amplificateur une caractéristique linéaire pour une bande passante donnée. Ces réseaux de compensation sont maintenant internes dans la plupart des amplificateurs opérationnels.



Ce graphique représente la réponse en fréquence d'un amplificateur opérationnel courant. La courbe est droite parce que l'échelle des gains, en ordonnées, et celle des fréquences, en abscisses, sont logarithmiques.

Le gain maximal, ou en boucle ouverte, décroît régulièrement en fonction de la fréquence, jusqu'à être égal à 1. Un amplificateur peut être caractérisé par son produit gain x bande passante. Ce produit indique la fréquence maximale des signaux que l'amplificateur peut transmettre, avec une amplitude de sortie égale à celle d'entrée.

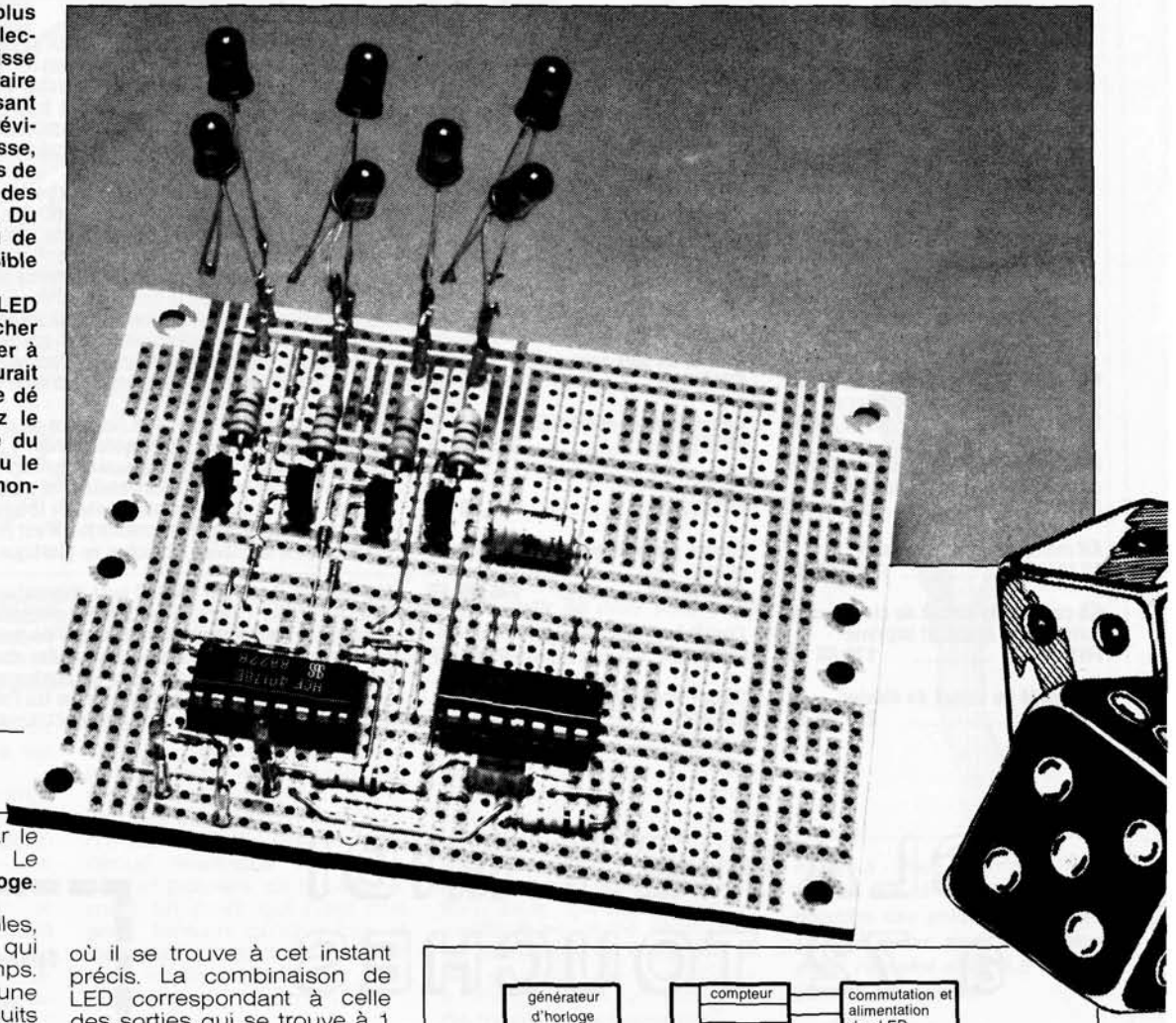
896095

CHOLET COMPOSANTS ELECTRONIQUES
• CATALOGUE SPECIAL DEBUTANT (FRANCO 20F)
• SPECIALISTE COMPOSANTS HF
MAGASIN:
NOUVELLE ADRESSE
1 rue du Coin
Tél.: 41.62.36.70
Fax: 41.62.25.49
Spécialiste de la Vente par Correspondance:
B.P. 435-49304 CHOLET Cedex
BOUTIQUE:
2, rue Emilio Castelar
75012 PARIS -
Tél.: 43.42.14.34
M° Ledru-Rollin
ou Gare de Lyon

PDF Page Organizer - Foxit Software

Dé électronique

Le jeu de dés est un des plus anciens jeux de hasard. L'électronique quant à elle ne laisse rien au hasard. Comment faire un jeu de hasard en utilisant une technique où tout est prévisible ? En jouant sur la vitesse, car nos sens sont incapables de suivre le déroulement des phénomènes électroniques. Du coup il s'agit d'un vrai jeu de hasard, car ce dé est impossible à piper.
Si notre dé comporte sept LED alors que le maximum à afficher est six, c'est pour conserver à l'affichage l'aspect qu'il aurait sur un véritable dé. Si votre dé affiche un sept, vous avez le choix entre refaire la règle du jeu et rechercher l'erreur ou le court-circuit dans votre montage.



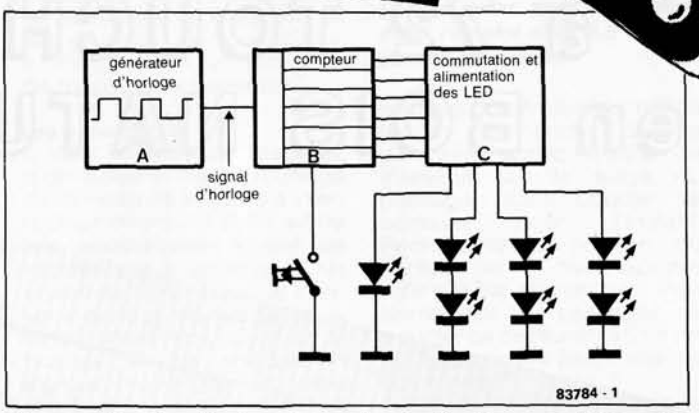


Figure 1 - Un dé ordinaire est un cube dont les faces sont marquées de 1 à 6. Un dé électronique est un circuit composé de 6 LED qui s'allument au hasard quand on appuie sur un bouton. Pour cela il nous faut une horloge, un compteur d'impulsions et un circuit capable de commander l'allumage des LED.

Le principe de fonctionnement

Le principe est illustré par le schéma de la **figure 1**. Le bloc A représente l'**horloge**.

Ne cherchez pas les aiguilles, l'horloge est l'organe qui donne la référence de temps. Nous retrouverons une horloge dans tous les circuits de logique séquentielle, et le compteur qui suit en est un.

La référence de temps est donnée par les oscillations à fréquence fixe d'une porte NAND à *trigger de Schmitt*. La période de notre oscillateur est de quelque 0,3 µs (microseconde ou millionième de seconde).

Les impulsions délivrées par l'horloge sont appliquées au compteur représenté par le bloc B. Chaque impulsion fait *avancer* le compteur, c'est-à-dire que les sorties passent à 1 à tour de rôle. Chaque sortie commande l'allumage d'une ou plusieurs LED, figurant le résultat du lancer.

Le rôle du bloc C est de faire correspondre à chaque sortie la combinaison de LED appropriée et de leur fournir le courant nécessaire.

Le compteur avance à grande vitesse et les LED semblent toutes allumées en même temps, du fait de la succession très rapide des différentes combinaisons. Au relâchement de la pression sur le poussoir S1, le compteur s'arrête dans la position où il se trouve à cet instant précis. La combinaison de LED correspondant à celle des sorties qui se trouve à 1 reste affichée jusqu'à la prochaine pression sur le poussoir. Comme il est impossible de distinguer le chiffre affiché pendant que le compteur avance, c'est bien le hasard seul qui décide du résultat du lancer.

Le circuit

Le générateur d'horloge est construit autour de l'une des quatre portes NAND que contient le circuit intégré **4093**. Ces quatre portes ont des entrées à *trigger* de Schmitt, dotées d'une hystérésis. L'oscillation est obtenue par la charge et la décharge successives du condensateur C1 par R1. Lorsque la sortie de N1 est au niveau logique 1 (+ 9 V), le courant qui traverse R1 charge C1 jusqu'à ce que sa tension dépasse le seuil haut de tension d'entrée. Le seuil atteint, la sortie passe à zéro (zéro volt **et** zéro logique). Le courant qui traverse R1 le fait maintenant en sens inverse, c'est-à-dire que le condensateur C1 se décharge. Dès que la tension sur C1 atteint le seuil bas, la sortie de N1 bascule et repasse au niveau 1. Et le condensateur de recommencer à se charger et ainsi de suite.

*Le circuit intégré **4093** comporte quatre portes identiques, dont trois se trouvent inutilisées. Les entrées correspondantes sont bloquées à 0 V, comme vous le voyez sur le schéma de la **figure 2**. A défaut de cette précaution, la très forte impédance des entrées ferait entrer les portes en oscillation, ce qui provoquerait des impulsions parasites sur la ligne d'alimentation, ce qui compromettrait le bon fonctionnement du reste du montage; nous venons d'éviter une catastrophe et ceux qui ne lisent pas les notes en italiques ne le sauront même pas !*

La fréquence d'oscillation de N1 est déterminée par la valeur de C1 et R1. Les valeurs du schéma correspondent à une fréquence de quelque 330 kHz. La durée d'une impulsion est donc d'environ 0,3 µs (micro-seconde, 10^{-6}). La valeur exacte nous importe

PDF Page Organizer - Foxit Software

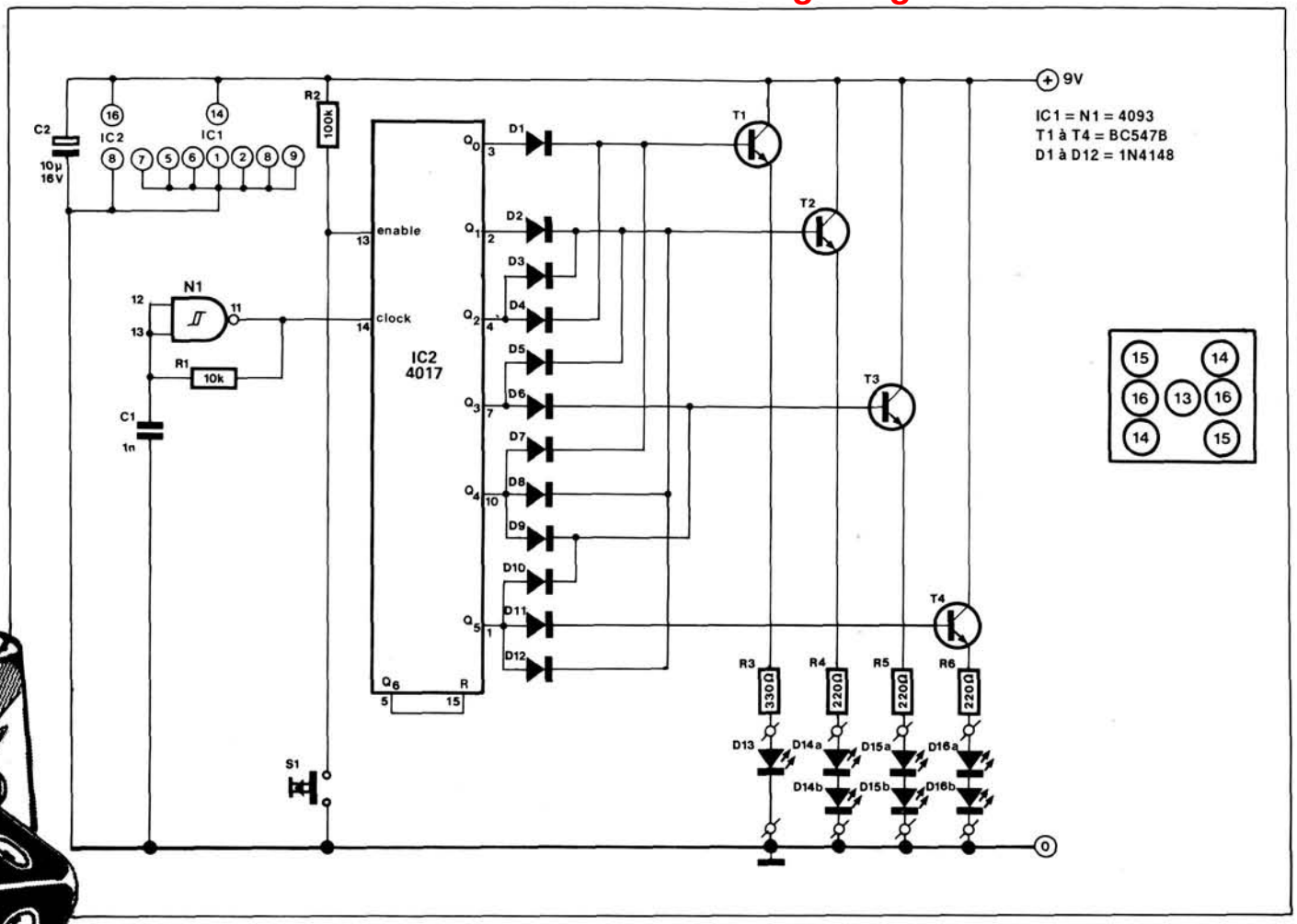


Figure 2 - Le pont de câblage qui relie la septième sortie (Q6) à l'entrée de remise à zéro sert à transformer en diviseur par 6 le compteur décimal 4017. Le remplacement de C1 par un condensateur de 220 µF ralentira l'horloge au point que vous pourrez suivre à l'oeil le processus de comptage. La valeur de R3 est différente de celle des autres résistances de limitation du courant dans les LED puisque cette branche du circuit ne comporte qu'un seuil de diode (1,5 V pour une LED rouge).

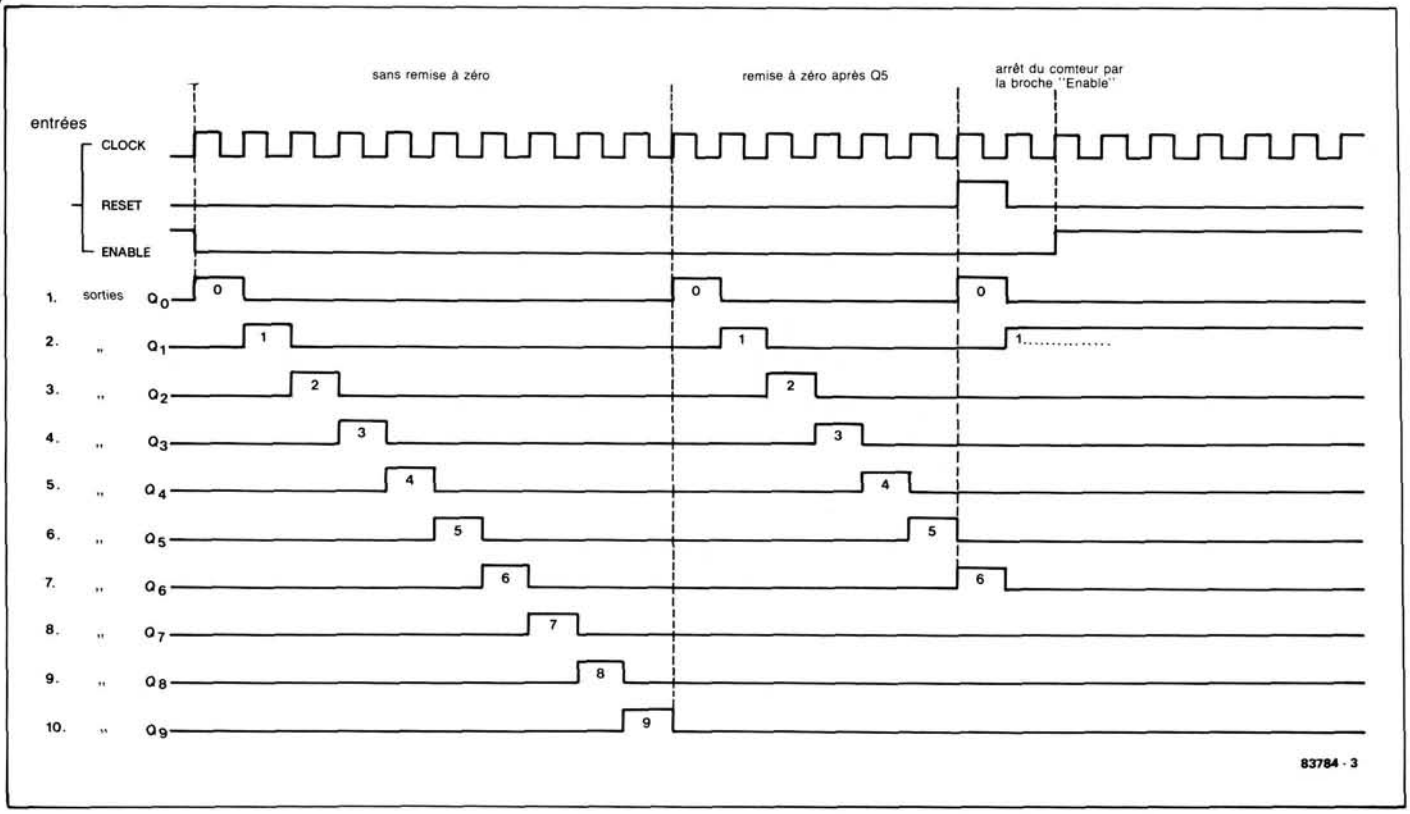


Figure 3 - La partie gauche du chronogramme montre le fonctionnement du 4017 en compteur décimal. Il repasse à zéro de lui-même après la dixième impulsion. Dans la partie droite, le chronogramme représente le fonctionnement retenu pour le dé : la remise à zéro est faite par l'apparition du niveau haut sur la septième sortie. A l'apparition d'un 1 logique sur l'entrée enable, le comptage s'arrête, bien que les impulsions continuent de se succéder à l'entrée d'horloge.

PDF Page Organizer - Foxit Software

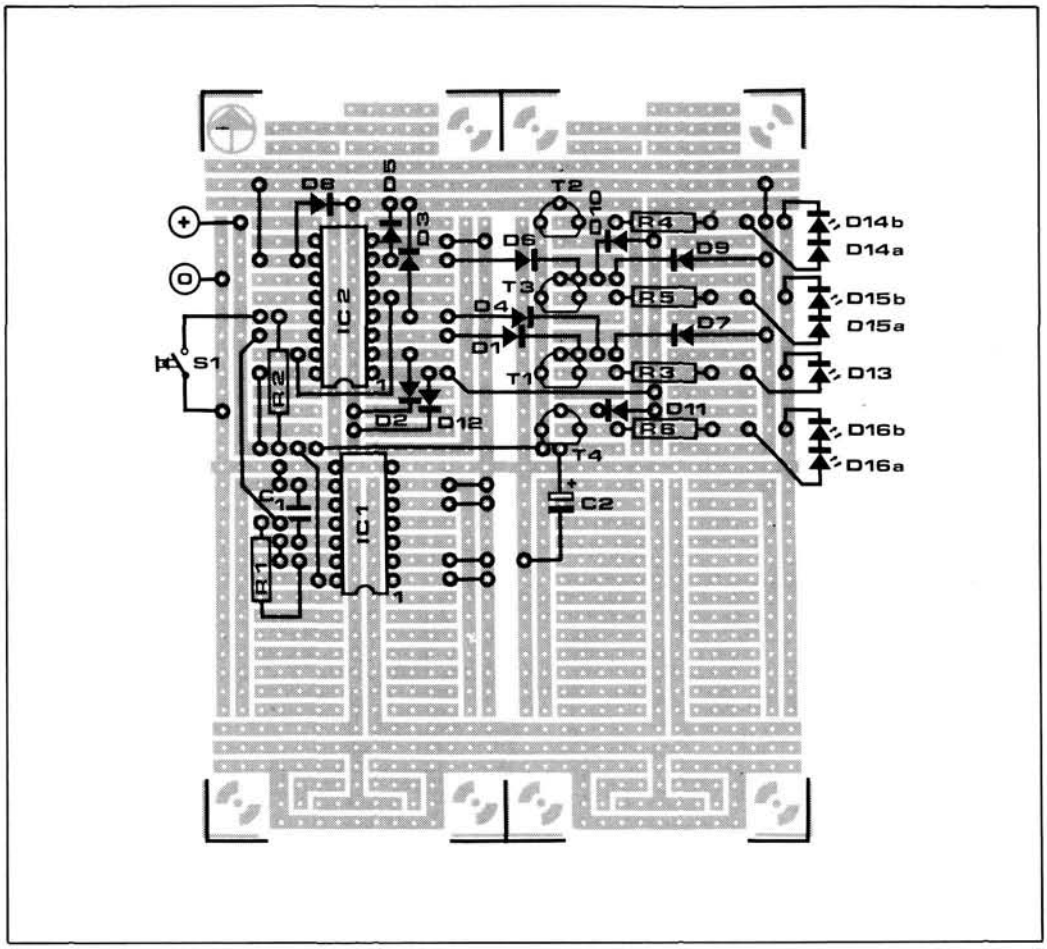


Figure 4 - Les soudures des supports de circuits intégrés doivent être faites soigneusement pour éviter les courts-circuits entre broches voisines.

Liste des composants

R1 = 10 kΩ
R2 = 100 kΩ
R3 = 330 Ω
R4,R5,R6 = 220 Ω

C1 = 1 nF
C2 = 10 µF/16 V

T1,T2,T3,T4 = BC 547B
D1 à D12 = 1N4148
D13 à D16 = 7 LED
IC1 = 4093
IC2 = 4017

S1 = poussoir
1 platine Elex de format 1

La tension de service indiquée sur les condensateurs chimiques utilisés sera égale ou supérieure à la valeur spécifiée dans la liste des composants.

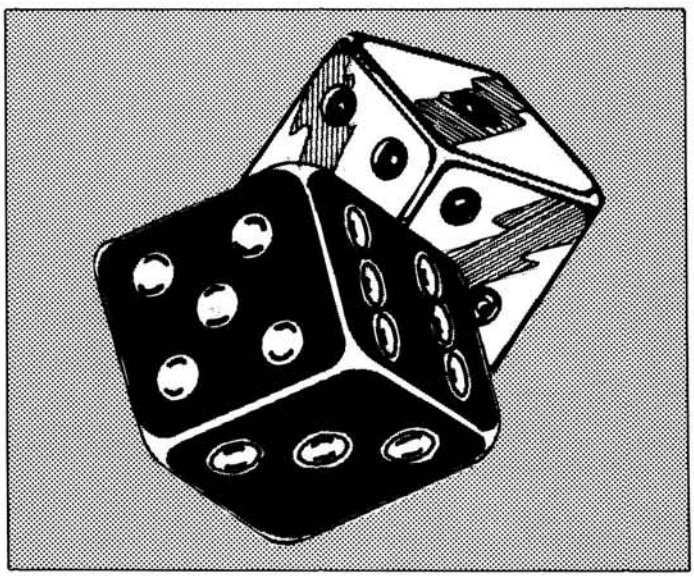
peu, c'est pourquoi il n'y a pas de résistance variable pour le réglage.

Le compteur, bloc B, est un circuit intégré CMOS de type **4017**. Il comporte dix sorties qui passent à 1 successivement, au rythme des impulsions appliquées à l'entrée d'horloge (clock). Le fonctionnement est illustré par la partie gauche de la **figure 3**. Le 4017 divise par 10, c'est-à-dire que la onzième impulsion le fait repasser à zéro.

Le compteur dispose d'une entrée de remise à zéro qui est actionnée dans notre schéma par la sortie Q6. Lorsque la septième sortie (numérotée Q6 parce que la première s'appelle Q0) passe à 1, elle remet instantanément le compteur à zéro. Notre compteur-diviseur par 10 est devenu un compteur-diviseur par 6.

Utilisé en diviseur par 10, le 4017 aurait laissé les LED sans alimentation pendant quatre dixièmes du temps. La pression sur le poussoir risquait de tomber dans une de ces périodes d'extinction et le dé aurait indiqué zéro, ce qui n'est pas banal.
Grâce à cette entrée de remise à zéro, le compteur 4017 peut diviser par un facteur compris entre 1 (ce qui ne présente aucun intérêt) et dix.

Après une remise à zéro, le compteur recommence sa séquence. Pour l'arrêter, il faut agir sur le poussoir S1. L'entrée de validation (enable en anglais et sur les schémas), dont nous n'avions pas encore parlé, doit être maintenue au niveau 0 pour que la séquence de comptage se déroule telle que nous l'avons décrite ci-dessus. La résistance de rappel R2 sert précisément à porter à 1 cette entrée *enable*. Elle est ramenée à zéro par une pression sur le poussoir S1. Cette pression est nécessaire pour que les impulsions appliquées sur l'entrée d'horloge soient prises en compte, et que le compteur avance. L'important ici est qu'il s'arrête dans l'état où il est, et qu'il ne se remette pas à zéro au relâchement de S1. Le câblage des douze diodes est agencé de telle sorte que les LED affichent le nombre correspondant à la sortie active du compteur. Ce câblage s'appelle une matrice. Nous avons vu dans "analogique anti-choc" que le rôle des diodes dans ce montage est d'éviter que les LED correspondant à l'une des sorties soient alimentées par une autre sortie. Elles empêchent également la sortie active de forcer les autres à un.
C'est encore dans "Analogique antichoc" que se trouve expliqué le fonctionnement du transistor en **émetteur-suiveur**. Les transistors T1 à T3 du montage débitent tout le courant nécessaire pour que la tension sur leur émetteur **suive** la tension sur leur base.



Les sorties des circuits intégrés CMOS, mis à part celles des tampons (*buffers*) prévus spécialement pour cela, sont incapables de délivrer plus de 0,5 mA et une amplification de courant est nécessaire.

La construction

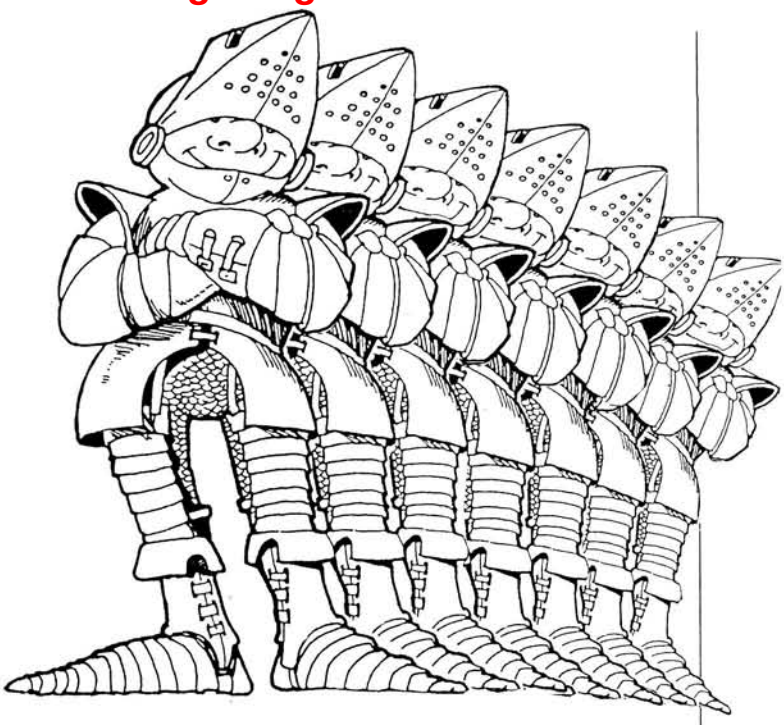
Le circuit est construit sur une platine Elex de format 2. Il n'est jamais inutile de rappeler qu'il faut respecter la polarité des composants. C'est fait et c'est la seule remarque à faire, la **figure 4** montre assez clairement la disposition des quelques composants. Si le montage est logé dans un boîtier, la disposition des LED doit être celle de la figure 3, et vous aurez à prévoir un interrupteur marche-arrêt.

83784

PDF Page Organizer - Foxit Software

ANALOGIQUE ANTI-CHOC

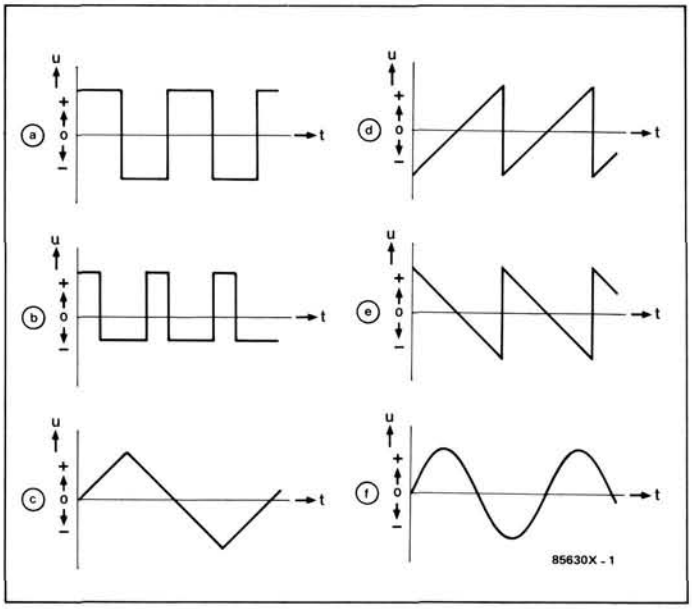
Ampère Lonesome Transistor Faraday from Ohm



7ème épisode

Dans les épisodes précédents, nous avons étudié le comportement des principaux composants en **courant continu**. Nous abordons maintenant l'étude de différents circuits, utilisant les mêmes composants, mais soumis à une **tension alternative**. Ce sera l'occasion de connaître un peu mieux le courant alternatif, et de voir aussi qu'il existe des tensions qui ne sont pas vraiment alternatives.

Une tension alternative est une tension dont la polarité change périodiquement. Le changement de polarité peut être brutal, ce qui donne un signal rectangulaire (figures 1a et 1b), ou plus ou moins progressif, ce qui peut donner des signaux triangulaires (figure 1c), en dent de scie (1d et 1e) ou sinusoïdaux (1f).



Les diagrammes montrent l'évolution de la tension instantanée (suivant l'axe vertical ou axe des ordonnées) en fonction du temps (représenté suivant l'axe horizontal ou axe des abscisses). Quelle que soit la forme de la courbe, on parle d'ondes et on ne réserve pas ce terme aux tensions sinusoïdales.
Le changement de polarité est relatif à une tension de référence ou tension nulle. Une tension ondulée est dite véritablement alternative quand la surface définie par la courbe dans le domaine positif est exactement égale à la surface définie dans le domaine négatif. On considère ici la surface comprise entre la courbe et l'axe des temps, qui correspond à une tension nulle, et au point de passage d'une polarité à l'autre.

Puisque nous en sommes aux définitions, essayons d'expliquer simplement le sens de quelques termes qui reviendront souvent :

L'**alternance** est une fraction de l'onde, positive ou négative; l'alternance positive dure aussi longtemps que la tension est positive, l'alternance négative dure aussi longtemps que la tension est négative.

L'**amplitude** est la valeur maximale que peut prendre la tension. Dans le cas où la forme d'onde est symétrique (carré de la figure 1a, sinus, triangle) l'amplitude positive et l'amplitude négative sont égales en valeur absolue. La figure 1b montre une onde rectangulaire dissymétrique dont l'amplitude négative est différente de l'amplitude positive.

La **tension de crête à crête** est la somme des valeurs absolues des amplitudes positive et négative.

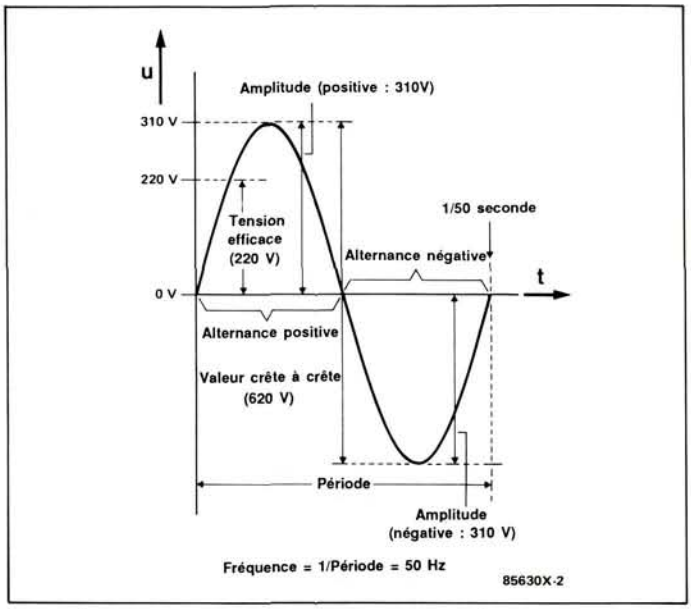
La **tension efficace** présente un intérêt pour les calculs de puissance. Le rapport entre la tension de crête et la tension efficace dépend de la forme d'onde. Dans le cas d'une onde sinusoïdale, la tension efficace est égale à 70,7% de la tension de crête. Nous avions fait appel à cette notion dans le deuxième épisode de la série (n°7 page 45), au sujet du redressement des tensions alternatives.

La **période** est le temps nécessaire à la tension pour reprendre sa valeur d'origine après être passée par le maximum positif et le maximum négatif. Ce temps est celui de deux alternances : la période ne s'achève pas avec le passage à zéro de la tension, il faut encore que la pente soit la même, c'est-à-dire que la variation de tension soit de même sens. L'ancienne dénomination de *cycle* était plus parlante car elle suggérait la rotation et la répétition.

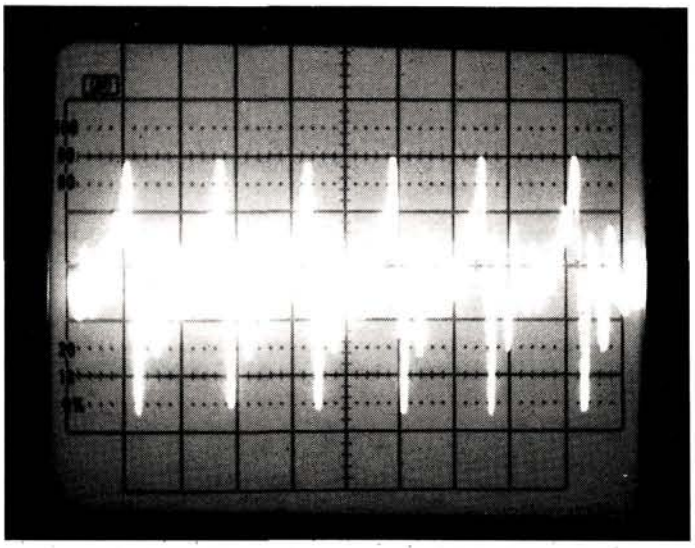
La **fréquence** est l'inverse, au sens mathématique, de la période. Elle indique combien de périodes se succèdent pendant une seconde. L'unité de fréquence est le Hertz, qui correspond à une période ou cycle par seconde. Les multiples usités sont le kilohertz et le mégahertz. Il n'y a guère que les radios périphériques pour annoncer leur fréquence en *kilocycles*, unité périmée et légalement interdite, sans préciser qu'il s'agit de kilocycles **par seconde**.

Toutes ces grandeurs sont représentées sur le graphe de sinusoïde ci-dessous.

PDF Page Organizer - Foxit Software



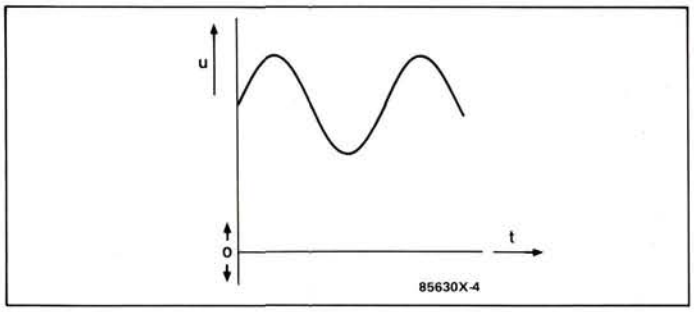
La pratique ne nous met pas toujours en présence de tensions aussi simples que cette sinusoïde ou les exemples de la figure 1. L'oscillogramme de la **figure 3** représente la tension alternative délivrée par un microphone pour restituer le son "A".



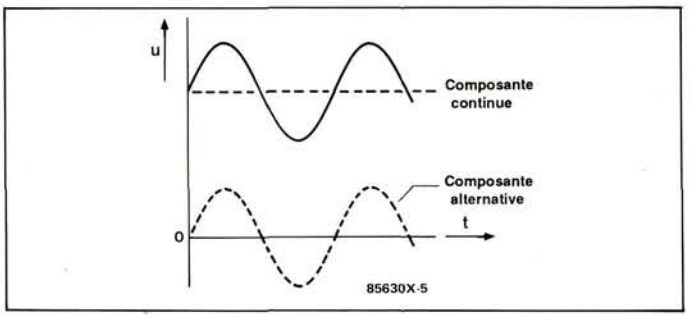
La technique des basses fréquences (amplificateurs, haut-parleurs. . .) traite en permanence des tensions de ce genre. Elles résultent du mélange, ou de la somme, de plusieurs tensions de fréquence, de forme et d'amplitude diverses. Les multiples d'une fréquence s'appellent des harmoniques. C'est

la richesse en harmoniques du son d'un instrument qui caractérise son timbre ou sa "voix". C'est-à-dire qu'une même note jouée par des instruments différents présentera une fréquence **fondamentale** identique, mais suivant le rang, l'amplitude, le nombre des harmoniques contenus dans l'onde produite, le son rendu sera différent.

Une autre différence entre les ondes que nous rencontrons en pratique et la sinusoïde théorique de la figure 2 est la dissymétrie fréquente entre l'alternance positive et la négative. L'exemple de la **figure 4** ci-dessous est un cas extrême : la tension représentée n'est pas une tension alternative puisqu'elle n'a pas de partie négative. Ce n'est pas non plus une tension continue pure puisqu'elle n'est pas constante.

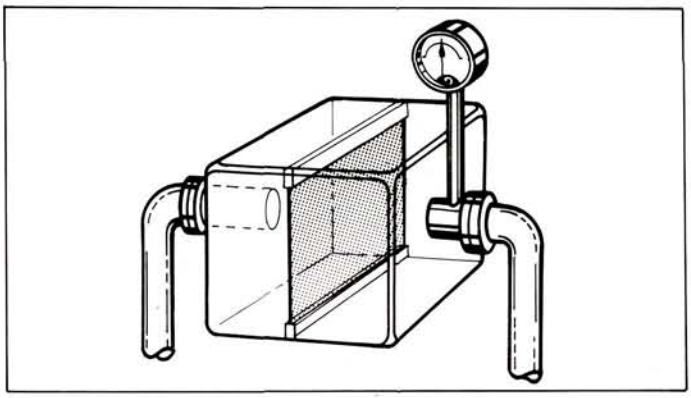


Il s'agit en fait de la somme de deux tensions, l'une continue et l'autre alternative, comme celles qui sont représentées en pointillés sur la figure 5.

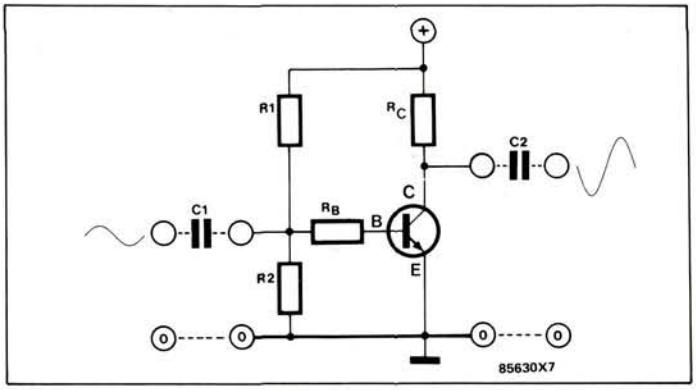


Ces deux tensions peuvent être étudiées séparément et c'est ce que nous avons fait pour déterminer d'abord le point de fonctionnement, ensuite le gain d'un étage amplificateur à transistor (troisième épisode Elex n°8). Le point de fonctionnement dépend de la polarisation en continu. La tension alternative à amplifier est toujours superposée à une tension continue, le résultat est toujours une tension alternative superposée à une tension continue.

L'étude théorique est certes une chose intéressante, mais il risque d'être difficile d'alimenter un haut-parleur en interposant des notes de calcul entre lui et la sortie de l'amplificateur qui délivre une tension alternative superposée à une tension continue.
Nous avons vu dans l'épisode cité plus haut que la séparation des deux types de tension se faisait au moyen d'un condensateur. Le condensateur a déjà été étudié dans le n°3, page 49. C'est encore le modèle hydraulique qui va nous permette de comprendre le mode de fonctionnement de ce composant. Les analogies hydrauliques sont parlantes car elles permettent d'assimiler le courant électrique, flux invisible et normalement imperceptible à un flux visible comme l'eau ou l'huile.



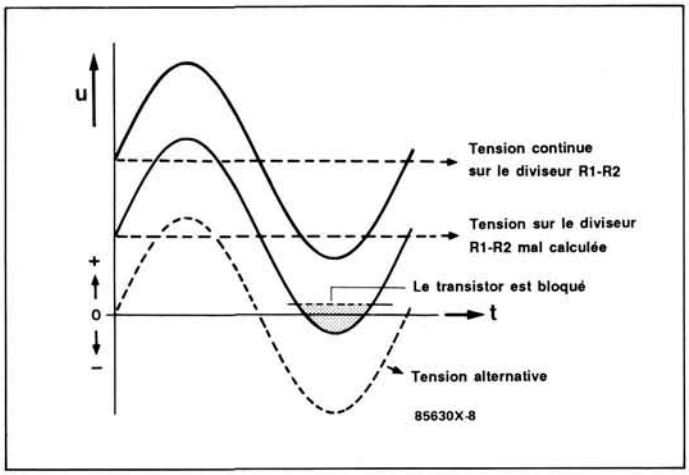
Le volume enfermé par les parois du condensateur est divisé en deux parties égales par une membrane souple et étanche. Cette membrane interdit par son étanchéité le passage de l'eau d'un compartiment à l'autre; mais elle peut se déformer, compte tenu de sa souplesse, sous l'effet de la pression. Retraduit en termes électriques, cela signifie que le courant continu ne traverse pas le condensateur : le flux d'eau ne peut pas s'établir. Mais les **variations** de pression sont transmises d'un compartiment à l'autre par les déformations de la membrane : les tensions alternatives, qui sont des variations de potentiel (pression) traversent le diélectrique (la membrane) qui isole les armatures (les compartiments) l'une de l'autre. Voilà comment le condensateur transmet les tensions alternatives tout en bloquant les tensions continues.



PDF Page Organizer - Foxit Software

Ce schéma d'amplificateur de tension alternative nous est connu depuis le n°8. La tension alternative appliquée au condensateur C1 provoque la naissance d'une tension alternative sur l'autre armature et donc d'un courant à travers R2. Cette résistance est parcourue par le courant continu du pont diviseur R1/R2. Le courant continu et le courant alternatif se superposent dans R2 et la tension à ses bornes est la somme d'une tension alternative et d'une tension continue, comme le représente la figure 4.

C'est cette tension **continue ondulée** qui commande le transistor; elle ne doit jamais être inférieure à 0,7 V, sans quoi le transistor se bloque. La tension sur R2 ne doit donc pas être inférieure à la tension de seuil du transistor (0,7 V) augmentée de la valeur de crête de la tension alternative de commande. Cette tension est appelée tension de polarisation continue de la base.



La sinusoïde en pointillés de la figure 8 ci-dessus représente la tension alternative de commande. La ligne pointillée horizontale supérieure figure la tension du pont diviseur R1/R2 en l'absence de tension de commande. Si, pendant les alternances négatives, la somme de ces deux tensions vient à être inférieure à 0,7 V (ligne pointillée horizontale inférieure), le transistor se bloque comme on peut le voir sur la sinusoïde en trait plein qui représente le courant collecteur-émetteur. La valeur nulle est anormale, les valeurs négatives impossibles.

Le rôle du condensateur C1 est d'éviter que la tension continue de polarisation de la base soit transmise à la sortie de l'étage qui fournit le signal de commande. De même le condensateur C2 évite que la composante continue de la tension de sortie soit appliquée à l'étage suivant ou au haut-parleur connecté en sortie.

Ce rôle de séparation entre les tensions alternatives et les tensions continues n'est pas le seul qu'on fasse jouer aux condensateurs. Revenons au modèle hydraulique pour voir comment le condensateur peut emmagasiner de l'énergie ou mémoriser une tension. La membrane est tendue par l'augmentation de pression produite par le pompage de l'eau, ce qui consomme de l'énergie. Lorsque le pompage cesse ou change de sens, la membrane repousse l'eau et c'est elle qui devient source de pression. En termes électriques, l'énergie absorbée par le condensateur pendant sa charge (le pompage) est restituée pendant la décharge. La source de tension une fois déconnectée, c'est le condensateur lui-même qui devient source de tension. Outre la propriété de mémoriser les tensions, le condensateur a celle d'opposer une certaine résistance au courant alternatif : celle de la membrane qu'il faut tendre.

Cet épisode comportera une formule. Espérons que ce ne sera pas trop en cette période de fenaison où les premières chaleurs de l'année annoncent un été chaud et laissent craindre beaucoup de Hollandais sur les routes et d'insectes sur les pare-brises.
Cette unique formule permet d'évaluer en chiffres le comportement d'un condensateur, c'est-à-dire de calculer la tension à ses bornes, l'intensité du courant qui le traverse et le temps nécessaire à le charger; elle s'écrit ainsi :

$$U = \frac{I \times t}{C}$$

Le symbole I représente l'intensité, qui se mesure en ampères (A), t représente le temps de charge en secondes, C la capacité en farad (F), et U la tension en volts (V). La formule est valable pour un courant de charge d'intensité I constante. De même que plus on pompe longtemps, plus on déforme la membrane, —plus on laisse le robinet ouvert longtemps, plus on remplit la baignoire— ainsi plus le courant circule longtemps, plus le condensateur se charge. Plus le courant est intense, plus le condensateur se charge. Voilà pour le produit I x t du numérateur.

Si la capacité C figure au dénominateur, c'est parce que le même débit du robinet pendant le même temps aura plus vite fait de remplir un seau qu'une piscine. La tension est représentée en elextronique hydraulique par la pression de l'eau, proportionnelle à la hauteur. Il faudra plus de temps pour que le condensateur de 1 farad (la piscine) atteigne la même tension que le condensateur de 1 microfarad (le seau).

Pour ce qui est de la décharge, la même formule s'applique, écrite comme suit :

$$I = \frac{U \times C}{t}$$

Elle signifie ici que le condensateur de capacité C farads chargé à V volts peut fournir un courant de I ampères pendant un temps t. Il faut encore supposer que le courant de décharge est constant et donc en conclure que la tension diminue tout au long de la décharge.

Puisque vous êtes encore là et que la formule ne vous a pas épuisés, vous en prendrez bien une deuxième ? Une toute petite, sans barre de fraction, et qui permet de recalculer la précédente ? Cette deuxième formule donne la relation entre la capacité, la tension et la quantité d'électricité :

$$Q = V \times C$$

Les symboles V et C nous sont connus, ils désignent la tension et la capacité dans les mêmes unités que ci-dessus (volt et farad). Le symbole Q représente la quantité d'électricité, en **coulombs**. Le coulomb est le nombre d'électrons (les charges négatives élémentaires) qui circulent pendant 1 seconde quand l'intensité est de 1 ampère. On peut écrire aussi :

$$Q = I \times t$$

puisque le niveau de l'eau dans le seau sera d'autant plus haut que le robinet coulera fort et longtemps. Cette formule permet de retrouver la première ($U = I \times t / C$) et de ne jamais sécher devant un robinet qui coule dans un seau.

Si l'on considère maintenant ce que représente la quantité d'électricité stockée par un condensateur de 1 farad, on s'aperçoit que c'est bien peu, malgré la taille énorme du composant. Il ne serait pas possible d'alimenter un appareil avec des condensateurs. Il existe des dispositifs de stockage de l'électricité mieux adaptés à cet usage, ce sont les accumulateurs, au plomb comme les batteries de voiture, ou au cadmium-nickel pour les postes de radio ou autres baladeurs. Leur capacité se chiffre en **ampères-heures**. Un élément au cadmium-nickel de 4 Ah sous 1,2 V emmagasine autant d'énergie qu'un condensateur de 24000 farads. D'autre part, la tension de l'accumulateur est constante pendant la quasi-totalité de la décharge.

Les applications des condensateurs en électronique exploitent plutôt les caractéristiques de charge et décharge rapides, ou le stockage d'**information** sous forme de tension que les possibilités de stockage d'énergie. C'est cette fonction de mémorisation qui sera examinée dans le prochain épisode.

Fin de cet épisode dédié à Lucky Luke.

896073

Nous décrirons dans le numéro de juillet-août, ou celui de septembre suivant les possibilités, un module d'extension double trace pour oscilloscope simple trace. La description comprendra un dessin de circuit imprimé, comme vous nous en réclamez souvent. Ce sera l'occasion de mettre en pratique nos connaissances en logique, en analogique, et de voir ou revoir les grandes lignes du fonctionnement d'un oscilloscope.

PDF Page Organizer - Foxit Software

roulette électronique

Monte-Carlo, le casino, les diam's, les mondaines, l'enchantement. Tout à gagner et tout à perdre en une seule soirée... avec les compliments de SAS.
Qui peut encore se permettre ce genre de passe-temps ?

Vous bien sûr, lecteurs d'ELEX qui allez transformer votre garage en casino dès que vous aurez lu la description de notre roulette électronique. Faites tourner la roue de la fortune, sans frais et sans smoking, autour de la table de la cuisine.

Gagnera, gagnera pas, une chose est sûre, avec l'électronique, il n'y a pas moyen de tricher. Le fameux frein secret sous la table de la roulette n'aurait d'ailleurs aucune emprise sur les électrons. La bille s'arrêtera sur une case que personne ne peut prévoir. Au lieu des 37 cases de la roulette originale dans l'une desquelles la bille vient s'arrêter, nous n'en avons que 13 sur notre roulette électronique. Les LED s'allument brièvement les unes après les autres pour imiter le mouvement de la bille dans la roulette.

Passons à la technique. La **figure 1** nous montre comment le circuit est construit. Chacun des blocs correspond à un circuit intégré et quelques composants discrets. Le bouton poussoir S1 sur lequel appuie le croupier pour faire tourner la roulette, lance l'oscillateur d'horloge dont les impulsions sont comptées par un compteur. Celui-ci donne le nombre d'impulsions comptées sous la forme d'un code binaire à 4 bits A, B, C et D.

Avec quatre bits, on peut compter de 0 jusqu'à 15 (2^4). C'est ce que fait le bloc suivant, avec ses 16 sorties. Selon la valeur codée par les 4 bits, il active l'une de ses seize sorties; ce signal de sortie allume la LED correspondante. Il nous faut donc **deux étages** pour passer de la séquence d'impulsions de l'oscillateur à la séquence de LED par l'intermédiaire d'un code binaire parallèle.

Quand on appuie sur S1 la roulette commence à tourner : les LED s'allument à tour de rôle à une vitesse élevée. Quand on relâche le bouton, la roulette continue de tourner en ralentissant peu à peu. Quand elle finit par s'arrêter, une seule LED reste allumée et c'est elle qui indique le(s) gagnant(s).

Le montage

Avant d'arriver à Monte-Carlo, il nous faut passer par le schéma de la **figure 2** que nous monterons sur une petite platine d'expérimentation avant de le placer dans un coffret adapté aux circonstances et à l'ambiance casino.

C'est IC1 qui assure la fonction d'horloge avec T1, R1 à R4, C1 et C2 et enfin S1. Nous avons vu que lorsqu'on relâchait S1, la bille de la roulette ralentissait; il faut donc que la fréquence de notre horloge diminue progressivement une fois que le contact de S1 est rouvert. Nous allons étudier la manière de s'y prendre pour obtenir cet effet particulier.

Pour commencer, faisons abstraction de T1 et imaginons que R3 est reliée directement à la ligne d'alimentation positive (+5 V). Nous sommes alors en présence d'un oscillateur d'un modèle bien connu des lecteurs d'ELEX. Sa fréquence de l'ordre de 75 Hz est déterminée par R3, R4 et C2. Ces composants forment ce que l'on appelle **la base de temps** de l'oscillateur. A travers R3 le condensateur C2 se charge, tandis qu'à travers R4 il se décharge, du moins quand le circuit intégré 555 le lui permet. En tous cas, plus le condensateur se charge et se décharge rapide-

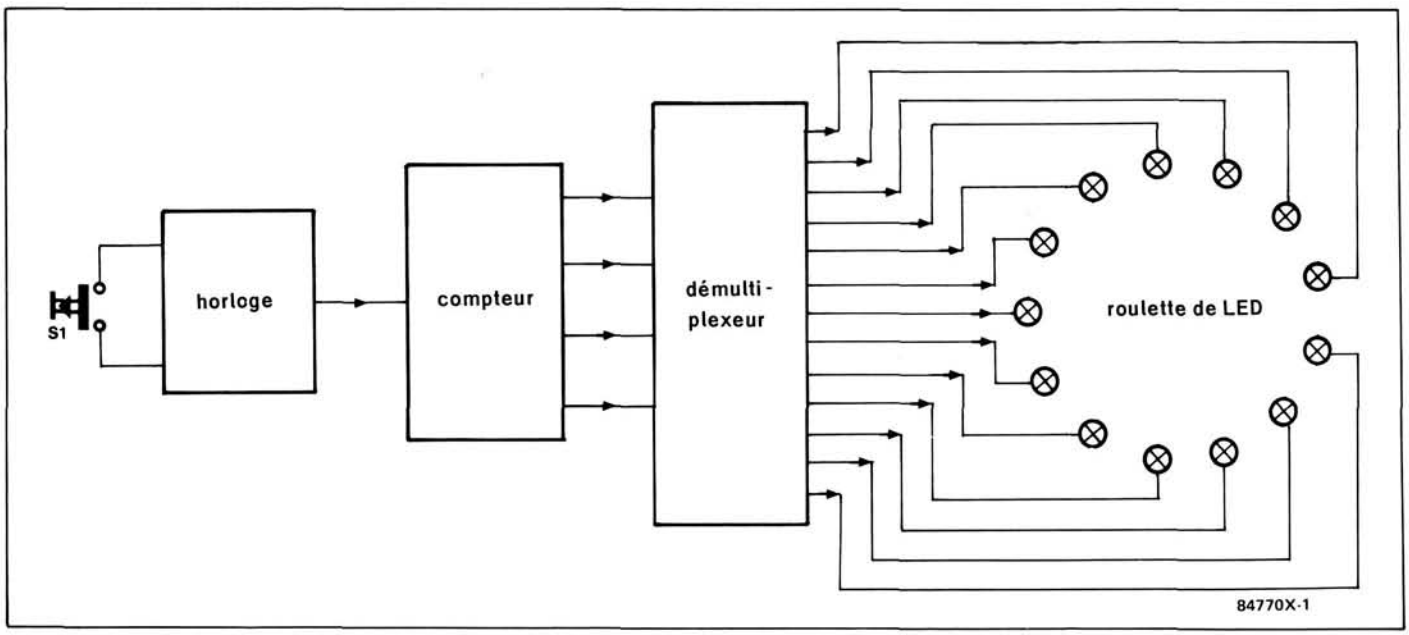


Figure 1 - Le plan simplifié de la roulette électronique montre comment on peut, avec un compteur et un ''démultiplexeur'', passer d'une séquence d'impulsions produite par un oscillateur à l'allumage d'une LED dans une rangée de 13 LED disposées en cercle. L'oscillateur commence à produire des impulsions quand on appuie sur S1, mais il ne s'arrête pas immédiatement lorsque l'on relâche ce bouton poussoir.

PDF Page Organizer - Foxit Software

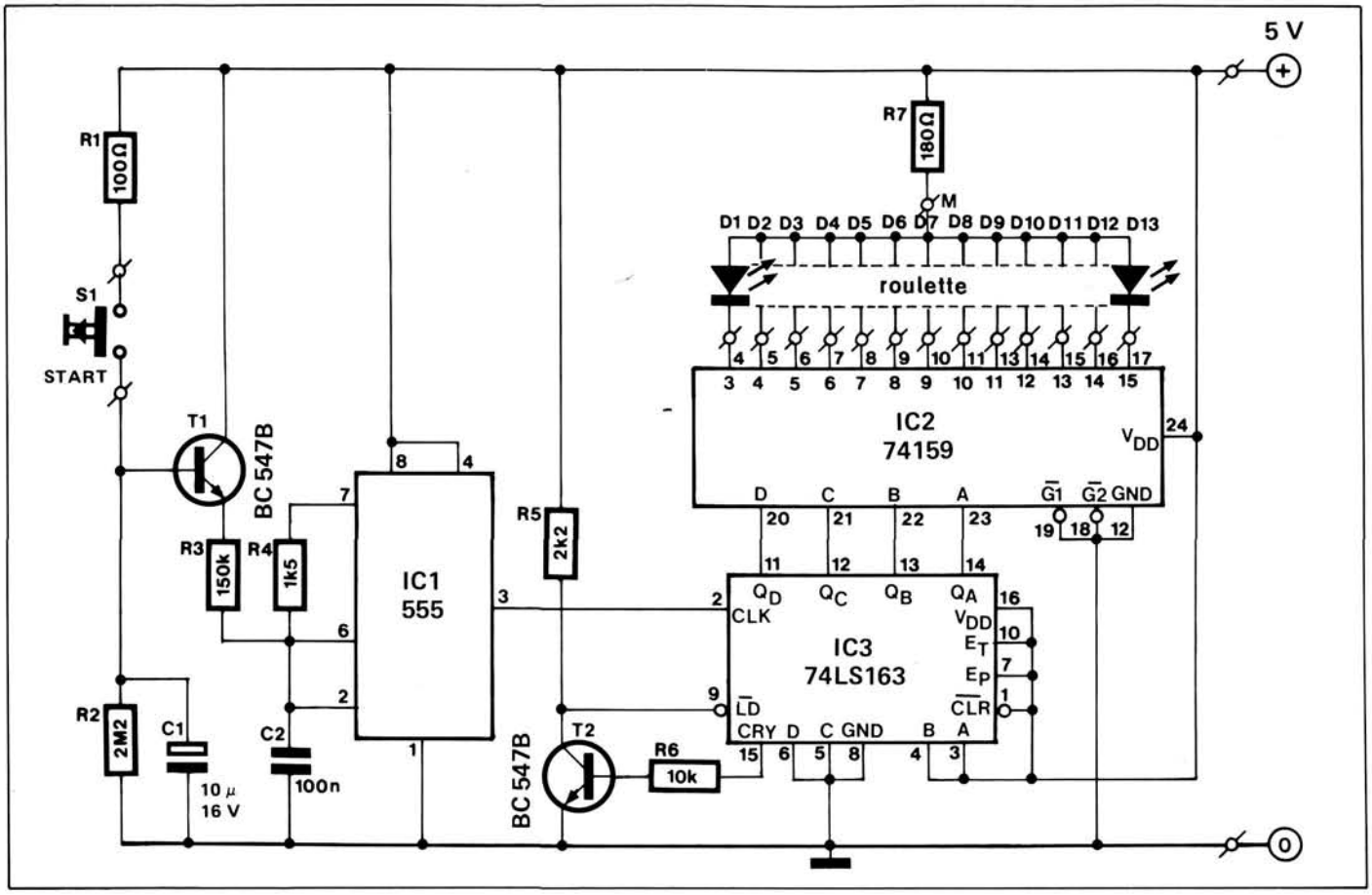


Figure 2 - C'est le circuit formé par T1 et les composants associés qui permet à l'oscillateur de produire une séquence d'impulsions même après que S1 a été relâché. Au fur et à mesure que T1 se bloque, le courant de charge de C2 diminue. Le cycle de charge de ce condensateur dure plus longtemps et par conséquent la fréquence d'oscillation baisse.

ment, plus la fréquence d'oscillation est élevée. D'accord ?

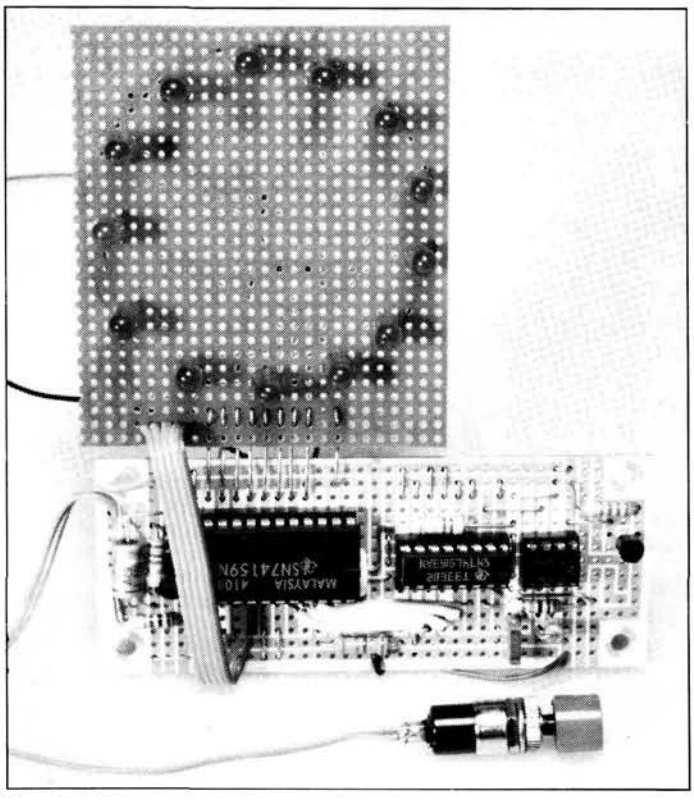
Reprenons maintenant le schéma tel qu'il est. A la mise sous tension du circuit, S1 est normalement ouvert et la base de T1 est portée au potentiel de la masse par R2. Le transistor T1 est donc bloqué et il ne circule aucun courant dans le réseau RC relié aux broches 2, 6 et 7 de IC1. Dans ces conditions l'oscillateur n'oscille pas. Il ne se passe rien . . .

Appuyons sur S1 à présent. Aussitôt C1 se charge à travers R1; il faudrait dire plus exactement qu'à travers R1 et S1 circule un courant qui charge le condensateur C1. Très rapidement le potentiel de base de T1 est suffisant pour faire conduire ce transistor. Maintenant le réseau RC de notre temporisateur IC1 peut fonctionner et l'oscillateur donne ses impulsions à une fréquence d'environ 75 Hz : la roulette tourne.

Relâchons S1 à présent. D'abord il ne se passe rien puisque C1 est encore chargé et la tension à ses bornes est de l'ordre de +5 V. Le transistor T1 reste conducteur.

Cependant C1 se décharge progressivement à travers d'une part R2 et d'autre part T1 (dans lequel il circule un courant de base que fournit maintenant C1).

La courbe de la **figure 3** montre que le condensateur ne se décharge pas d'une seule traite, comme on pourrait s'y attendre. L'essentiel de la charge est restitué assez rapidement, puis, comme la tension aux bornes du condensateur a fortement chuté, le débit de courant s'assagit. Moins la différence de potentiel aux bornes du condensateur est forte, moins le transistor voit circuler de courant de base, moins il reste conducteur. Du coup le réseau RC voit circuler lui aussi un courant de plus en plus faible. La charge du condensateur de la base de temps devient de plus en plus laborieuse puisque le transistor laisse passer de moins en moins de courant. Au bout de 8 secondes environ, il ne se passe plus rien du tout : la roulette s'arrête car le condensateur n'arrive plus à se charger du tout, T1 étant entièrement bloqué. Nous avons néanmoins obtenu le résultat escompté : une des 13 LED de la roulette est allumée . . .



Le codage

Le deuxième étage de notre roulette électronique est un compteur binaire à 4 bits synchrone programmable à entrée d'effacement synchrone. Enfer et damnation . . .

Ce n'est pas aussi méchant que ça en a l'air à première vue. Un compteur est un circuit auquel on applique des *impulsions qu'il transforme* en chiffres binaires codés sur 4 bits. Qu'il soit synchrone est un petit détail technique qui importe peu ici, de même que l'entrée d'effacement, nous ne nous y arrêterons donc pas. Qu'il soit programmable signifie que lorsque l'entrée de chargement LOAD passe

PDF Page Organizer - Foxit Software

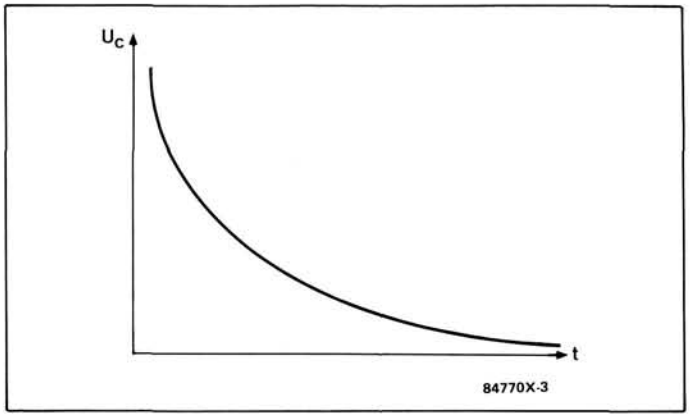


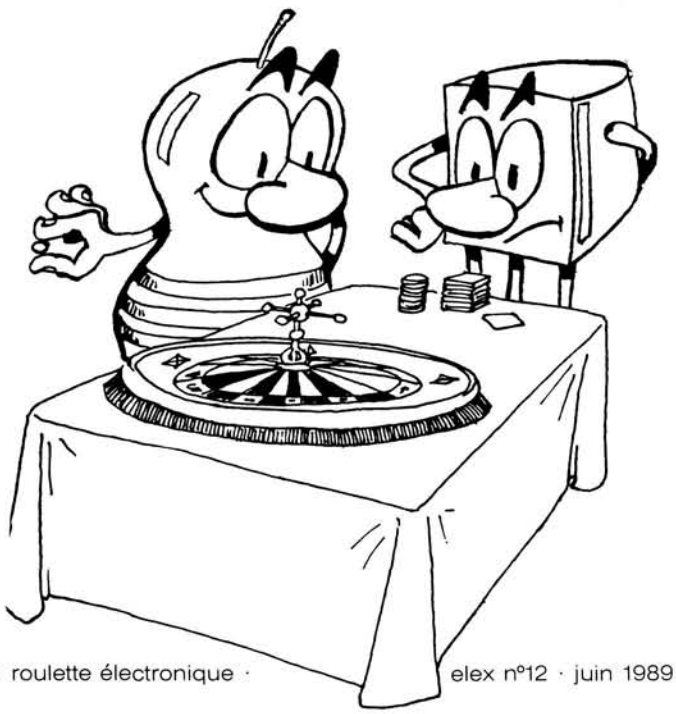
Figure 3 - Le condensateur C1 maintient T1 en conduction pendant un court instant quand S1 a été relâché. La courbe montre que la décharge de C1 est d'abord rapide puis plus lente; la baisse de la vitesse de rotation de la bille sera elle aussi d'abord forte puis lente.

au niveau logique bas, le compteur adopte sur ses sorties Q_A, Q_B, Q_C et Q_D les niveaux logiques présents à ce moment là sur les entrées homonymes A, B, C et D. Les deux premières sont forcées au niveau haut en permanence et les deux autres au niveau bas. La valeur binaire chargée par le compteur quand l'entrée LDest basse sera donc 0011_2, c'est-à-dire le chiffre 3. Sur la dernière page de cet article vous trouverez un tableau qui rappelle les correspondances entres les bases décimales et hexadécimales, et leur codage binaire.

La première fois, le compteur ne commence pas à compter à 3 mais à 0. A chaque impulsion, il incrémente la valeur de comptage jusqu'à ce qu'elle atteigne 15 (la seizième impulsion). Quand arrive la dix-septième impulsion, il indique qu'il ne peut plus continuer de compter en activant sa sortie CRY, de l'anglais *carry* qui signifie retenue («j'écris zéro et je retiens un»). Or nous voyons sur le schéma de la figure 2 que la sortie CRY (broche 15 d'IC3) attaque la base de T2 qui devient conducteur et force aussitôt l'entrée LD (broche 9 d'IC3) au niveau bas. Instantanément le compteur charge la valeur de programmation (nous avons vu que c'était 3) et la transfère sur ses sorties Q_A, Q_B, Q_C et Q_D. Et le comptage recommence à partir de là. Vous noterez au passage que finalement la 17e fa-è-fa-me impulsion a été comptée.

Désormais le compteur partira toujours de 3 puisque chaque fois qu'il dépasse 15 il est remis non pas à zéro mais à trois par sa sortie *carry* qui commande son entrée *load*.

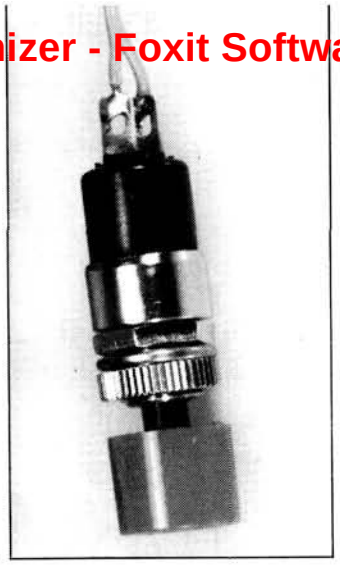
Pourquoi limiter le nombre des LED à 13 ? La réponse à cette question n'est que vaguement technique; il aurait été trop compliqué à notre avis de faire un circuit qui compte autant de LED qu'une vraie roulette compte de cases (deux autres circuits intégrés auraient été nécessaires, sans parler bien sûr des LED); nous avons donc opté pour ce nombre qui excite les superstitions les plus contradictoires : il est tantôt considéré comme un nombre porte-bonheur tantôt maudit parce qu'il attire le mauvais oeil.
Une application à 16 LED aurait été possible aussi, mais forcément plus banale et elle ne nous aurait pas donné l'occasion d'expliquer ici comment fonctionne un compteur programmable.



Nous ne sommes pas encore au bout de nos peines puisque si nous disposons d'un code binaire à 4 bits et de 13 LED, nous ne savons pas encore comment nous y prendre pour les mettre en rapport les uns avec les autres. Pour cela on fait appel à un circuit souvent désigné à tort par le terme démultiplexeur et parfois à tort et à travers par le terme multiplexeur, quand ce n'est pas la confusion générale qui fait *parler à tout propos et hors de propos* de multiplexeur-démultiplexeur. Notre IC2 est ici un **décodeur 1 parmi 16**, c'est-à-dire qu'il rend compte sur l'une de ses seize sorties de la valeur du code binaire à 4 bits et seize configurations appliqué à ses entrées. Celles-ci sont appelées A, B, C et D en bonne logique binaire, et elles sont commandées par les quatre sorties du compteur.

Quand le code binaire 0011_2 (= 3) apparaît, c'est la sortie 3 d'IC2 qui devient active, elle passe au niveau logique bas, ce qui permet à un courant de circuler à travers R7 et une seule des 13 LED, à savoir D1 qui s'allume. Quand c'est le code binaire 0100_2 (= 4) qui apparaît, la sortie 3 repasse au niveau haut, et c'est la sortie voisine qui est activée. C'est D2 qui s'allume, et ainsi de suite jusqu'au compte 1111_2 auquel correspond la sortie 15 (broche 17 d'IC2) avec la LED D13. Vous remarquerez qu'il n'y a qu'une seule résistance de limitation du courant pour les 13 LED. Pourquoi ?
Tout simplement, et vous l'avez deviné, parce qu'il n'y a jamais qu'une seule LED d'allumée à la fois.
Les sorties du 74159 ont ceci de particulier qu'elles sont à collecteur ouvert, un détail technique qui leur permet d'être reliées directement à la cathode des LED. Le courant qui circule à travers la LED allumée passe donc par le circuit intégré.

Les sorties 0, 1 et 2 de notre 74159 ne sont pas utilisées puisque le cycle de comptage de la roulette démarre à 3, mais si le nombre 13 vous porte malheur ou si pour toute autre raison vous voulez 14, 15 ou 16 LED sur ce circuit, utilisez-les en montant les LED supplémentaires comme nous l'avons fait pour les 13 premières. Il ne faut pas oublier de modifier la valeur binaire chargée par IC3 sur



ses entrées A (broche 3), B (broche 4), C (broche 5) et D (broche 6). Si vous utilisez 14 LED, le code sera 0010_2 (= 2), si vous en utilisez 15 ce sera 0001_2 (= 1), et avec 16 LED les quatre entrées sont forcées au niveau bas.

La réalisation

Hormis les LED et le poussoir, vous pourrez monter tous les composants sur une platine expérimentale de petit format si vous suivez le plan d'implantation de la **figure 4**. Le choix de la couleur des LED et la manière de les disposer est laissée entièrement à la discrétion de chacun. Pour notre prototype elles ont été disposées en cercle sur un morceau de circuit à pastilles. Il est important de se donner un peu de mal pour la présentation de ce montage. C'est pourquoi nous vous proposons un modèle de façade colorée sur la **figure 5**, à réaliser soi-même à partir d'une plaque de panneau aggloméré de 8 mm d'épaisseur (30 x 50 mm environ) à poncer et à laquer. Il existe pour les LED des réflecteurs coniques du plus bel effet. C'est le moment où jamais de les utiliser. Le panneau ainsi préparé pourra devenir le couvercle du coffret dans lequel on montera le circuit de la figure 4 et une petite alimentation stabilisée de 5 V. Il faut choisir un gros modèle de bouton poussoir pour S1, et le disposer à un endroit facilement accessible.

Les règles du jeu

Comme vous n'êtes sans doute pas un(e) habitué(e) des casinos, vous ne connaissez pas non plus les règles du jeu de roulette. Le principe de ces règles quelles qu'elles soient, et vous pouvez en inventer à votre convenance, doit être tel que du point de vue des statistiques, les chances de gagner des joueurs individuels

PDF Page Organizer - Foxit Software

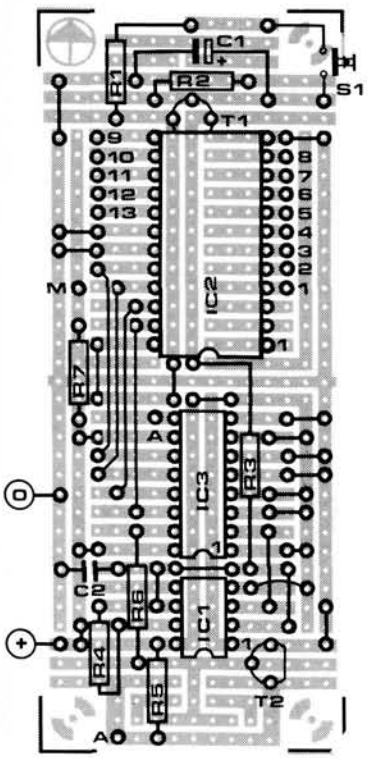


Figure 4 - Une platine expérimentale de petit format bien remplie avec les composants de la roulette électronique. Hormis S1 et les LED tous les composants y sont, y compris un grand nombre de ponts de câblage par lesquels il faut commencer pour n'en oublier aucun.

Liste des composants

R1 = 100 Ω
R2 = 2,2 MΩ
R3 = 150 kΩ
R4 = 1,5 kΩ
R5 = 2,2 kΩ
R6 = 10 kΩ
R7 = 180 Ω

C1 = 10 µF/16 V
C2 = 100 nF

D1 à D13 = LED
T1,T2 = BC547B
IC1 = 555
IC2 = 74159
IC3 = 74LS163

Divers :
S1 = bouton poussoir (travail)
platine d'expérimentation de format 1

La tension de service indiquée sur les condensateurs chimiques utilisés sera égale ou supérieure à la valeur spécifiée dans la liste des composants.

paraissent raisonnables, mais soient moins grandes en réalité que celles de la banque. Le circuit ne comporte en tous cas aucune protection pour empêcher la banque de sauter.

Si l'on se réfère à la table de jeu de la figure 5 on pourra jouer par exemple de la manière suivante. La LED jaune est le TREIZE D'OR, celui qui porte bonheur. Lorsque c'est lui qui sort, le joueur qui a misé sur cette case gagne 13 fois sa mise. Si c'est une autre case qui sort, la mise de cette case est récupérée par la banque. Quand on a joué et gagné sur le 13, il faut en principe rejouer au moins un tour. En plus de la mise engagée sur la case 13, chaque joueur peut miser en même temps sur n'importe laquelle des autres cases.

Dans ce cas, les mises des autres cases (perdantes) peuvent rester engagées pour le tour suivant.

On peut miser aussi bien sur les couleurs que sur les chiffres. Les couleurs gagnantes rapportent le double de la mise. Les mises perdues vont à la banque. Les jetons misés sur une couleur doivent être placés dans le cercle 2 de la table. En dehors de ce cercle les cases sont numérotées. Là les choses se compliquent un peu. Les mises sur les cases chiffrées de couleur différente de la couleur gagnante sont perdues (sauf pour la banque, bien sûr, puisqu'elle les récupère). Les mises sur les cases chiffrées de la couleur de la case gagnante ne sont pas récupérées par la banque, mais le joueur doit les y laisser pour le tour suivant, sauf bien entendu la mise de la case gagnante qui rapporte un multiple différent selon le numéro de la case.

Les cases 1, 2, 5 à 8, 11 et 12 rapportent le quintuple (5 ×) et les cases 3, 4, 9 et 10 le septuple (7 ×) de la mise. Le rapport doit rester en jeu pour le tour suivant, soit sur la case gagnante, soit sur une autre case de la table.

Les rapports et les mises restés en jeu sur la table (et non récupérés par la banque) sont restitués à la fin de la partie au joueur concerné. Comme on le voit, ces règles ont de quoi faire monter l'ambiance autour d'un jeu pourtant archi simple. Il importe de jouer avec des jetons de couleurs différentes pour s'y retrouver. Vous pouvez imaginer vous-même des variantes nombreuses. Si le côté jeu de hasard de cette réalisation heurte votre sens moral, vous pouvez aussi la détourner vers des applications plus édifiantes.

Pour finir, revenons à la technique pour la mise au point finale. Il n'y a pas de réglage à faire, le circuit doit marcher dès la mise sous tension. Si à la mise sous tension aucune LED ne s'allume, c'est peut-être parce que le compteur qui n'est pas encore programmé par la valeur 3 s'est arrêté par hasard sur 0, 1 ou 2 (0000_2, 0001_2, 0010_2). Il suffit d'appuyer une fois sur S1 pour que tout rentre dans l'ordre. Et maintenant faites vos jeux !

Les jeux sont faits, rien ne va plus . . .

84770X

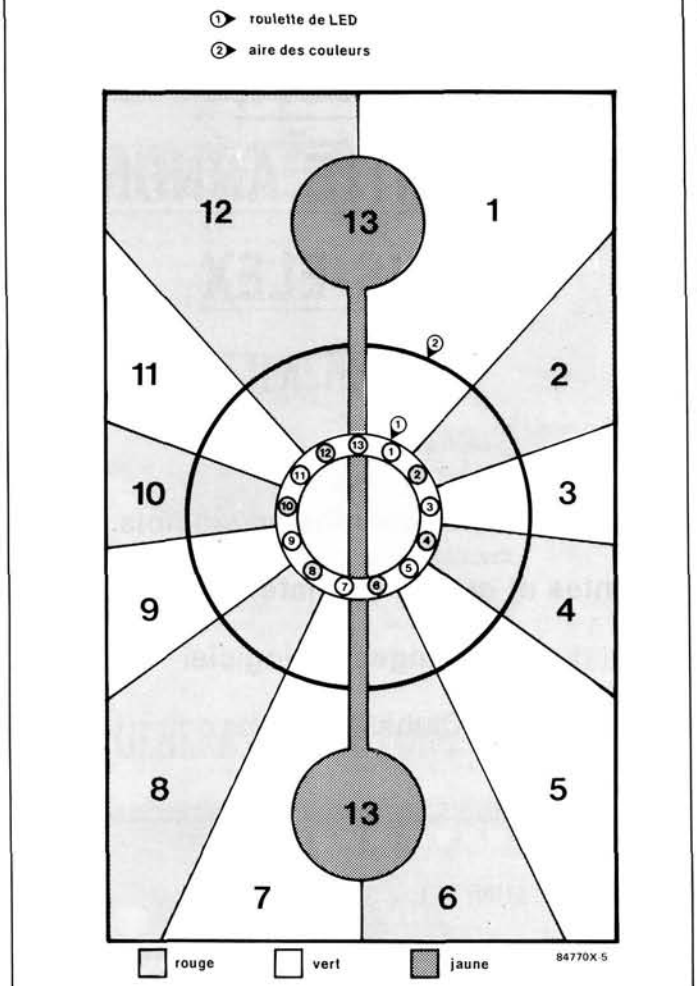


Figure 5 - Voici un exemple de table de jeu à réaliser soi-même pour la roulette électronique. Nous vous proposons un ensemble de règles du jeu adaptées à ce type de table. Pour les premiers essais il est néanmoins préférable de commencer par un montage simple sur un morceau de circuit à pastilles.

Codage en binaire et en hexadécimal des valeurs décimales

binaire	hexa décimal	décimal
0000	0	0
0001	1	1
0010	2	2
0011	3	3
0100	4	4
0101	5	5
0110	6	6
0111	7	7
1000	8	8
1001	9	9
1010	A	10
1011	B	11
1100	C	12
1101	D	13
1110	E	14
1111	F	15

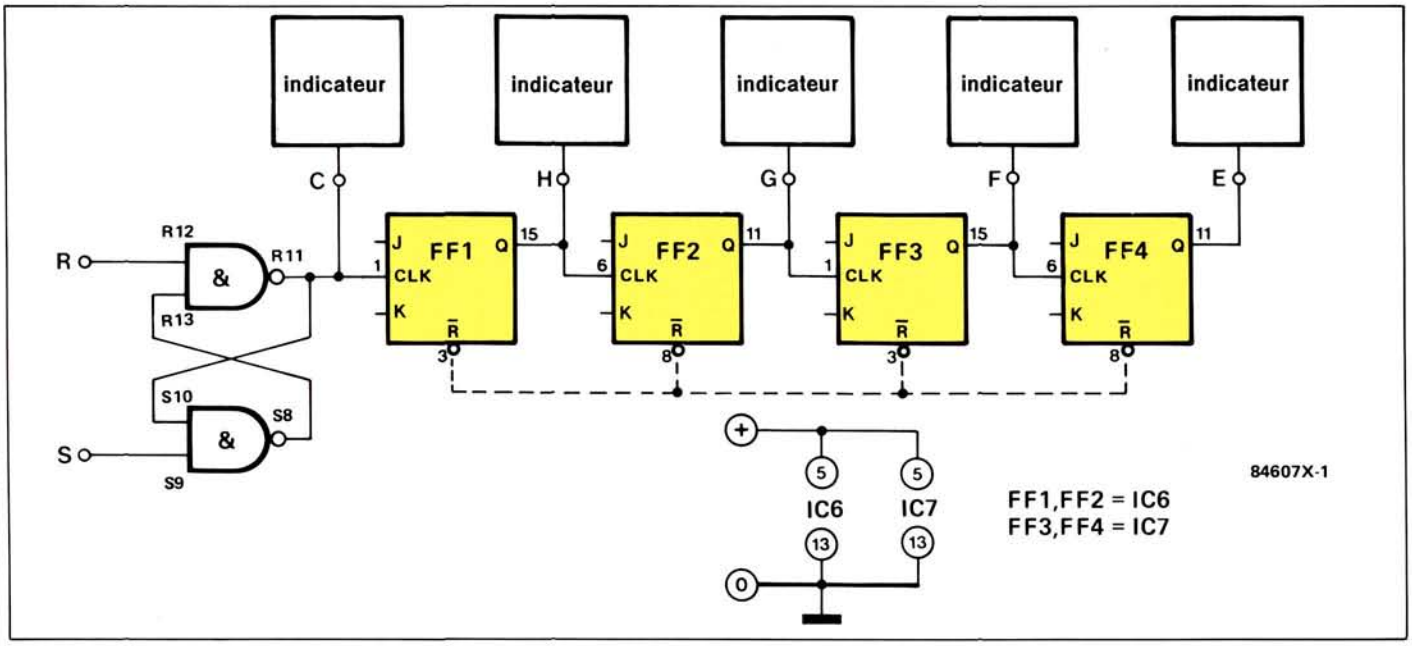
PDF Page Organizer - Foxit Software

la logique séquentielle sans hic II

5ème partie

Depuis l'épisode du mois dernier, nous considérons les bascules comme des boîtes noires à trois entrées et deux sorties complémentaires. Avec les quatre bascules dont nous disposons avec nos deux circuits 7476 sur la platine DIGILEX, nous avons confectionné un diviseur. Les quatres bascules sont connectées les unes derrière les autres, et nous avons intercalé à chaque fois un afficheur :

Et ça recommence !
Prise séparément, chacune des LED met en évidence le rapport de division de la bascule correspondante. Prises ensembles les quatre LED forment un compteur d'impulsions binaire. Le cycle binaire à 4 bits permet de compter jusqu'à 16 impulsions. La capacité du compteur est épuisée quand arrive la dix-septième impulsion. Les quatre LED s'éteignent et



Forçons toutes les entrées J et K à 1. Le signal de sortie de la bascule RS est divisé par deux par la première bascule (FF1); il se retrouve divisé par quatre à la sortie de la deuxième bascule (FF2). Un étage plus loin, il ressort divisé par huit (FF3), puis par seize (FF4). Si l'on parle de division de signaux, ce n'est pas une division au sens analogique; il ne s'agit nullement de diviser des tensions ou des courants. Ici on divise le nombre d'impulsions : pour obtenir une impulsion complète (flanc ascendant et niveau haut suivis d'un flanc descendant et niveau bas) en sortie d'une bascule, il faut appliquer deux impulsions à son entrée. Il faut une impulsion d'entrée complète pour chaque changement de niveau de la sortie. Autrement dit, il faut seize impulsions d'horloge au point C pour une impulsion au point E.

Lors de vos expérimentations avec la platine DIGILEX et le circuit représenté ci-dessus vous avez remarqué que la configuration des indicateurs allumés et éteints à chaque impulsion d'horloge n'était pas le fruit du hasard mais reproduisait les 0 et les 1 du comptage binaire. Si chaque LED allumée correspond à un 1 et chaque LED éteinte à un 0 nous aurons :

impulsion	E	F	G	H
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1
16	0	0	0	0

le cycle de comptage reprend à zéro. On dit qu'il y a *dépassement*. C'est comme lorsque nous comptons avec nos chiffres décimaux de 0 à 9; arrivés là, le chiffre revient à 0, et nous rajoutons un deuxième chiffre à gauche du premier pour indiquer que nous avons fait le tour.
Nous pouvons étendre la capacité de notre compteur en rajoutant une ou plusieurs bascules. Mais laissons cela pour l'instant, et intéressons-nous comme nous l'avons déjà fait la fois dernière à la manière de transformer notre compteur binaire en compteur décimal.
Il s'agit de remettre les bascules à 0 quand apparaît la onzième impulsion (entre le 9 et le 10).

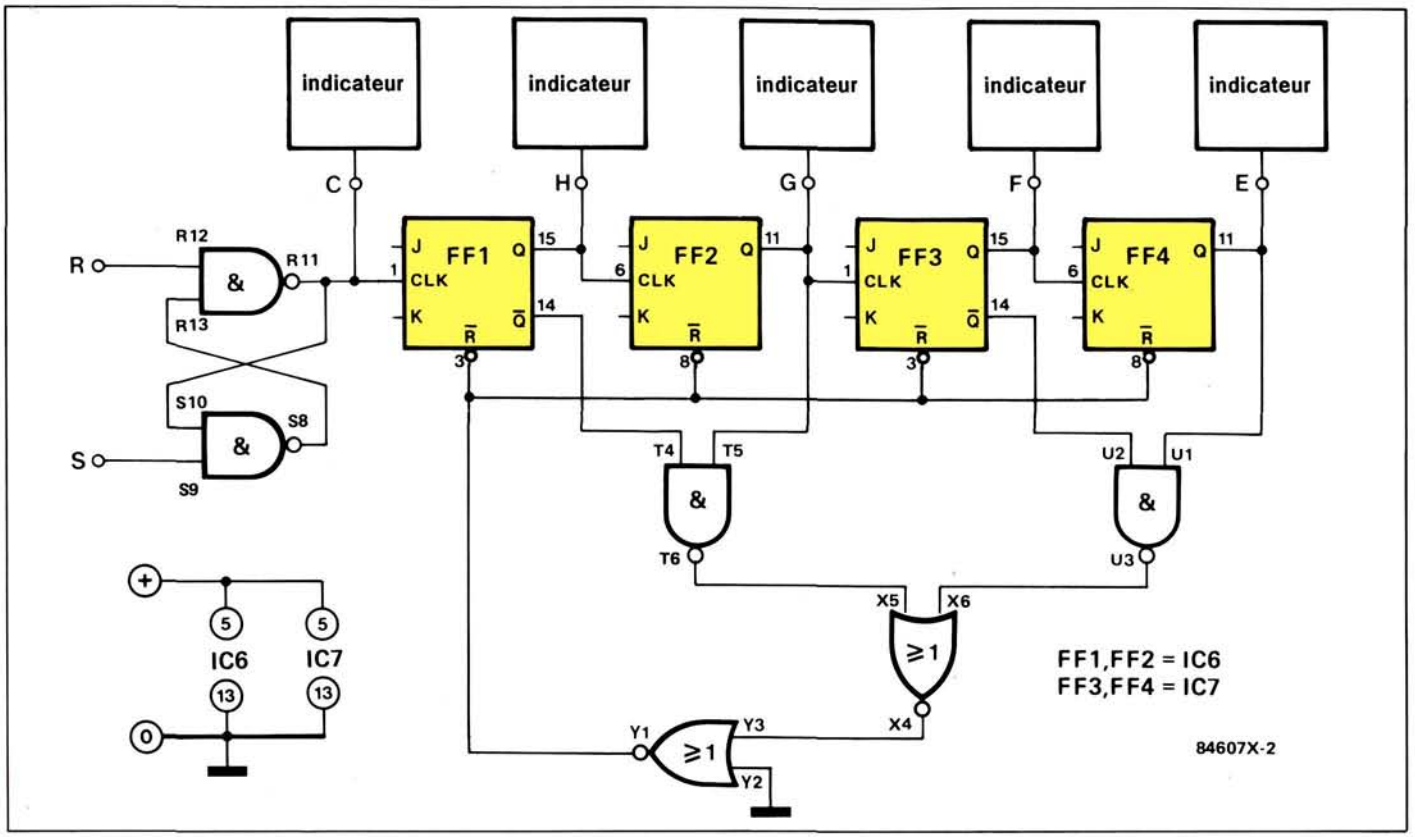
cf. fig. 2 ci-contre

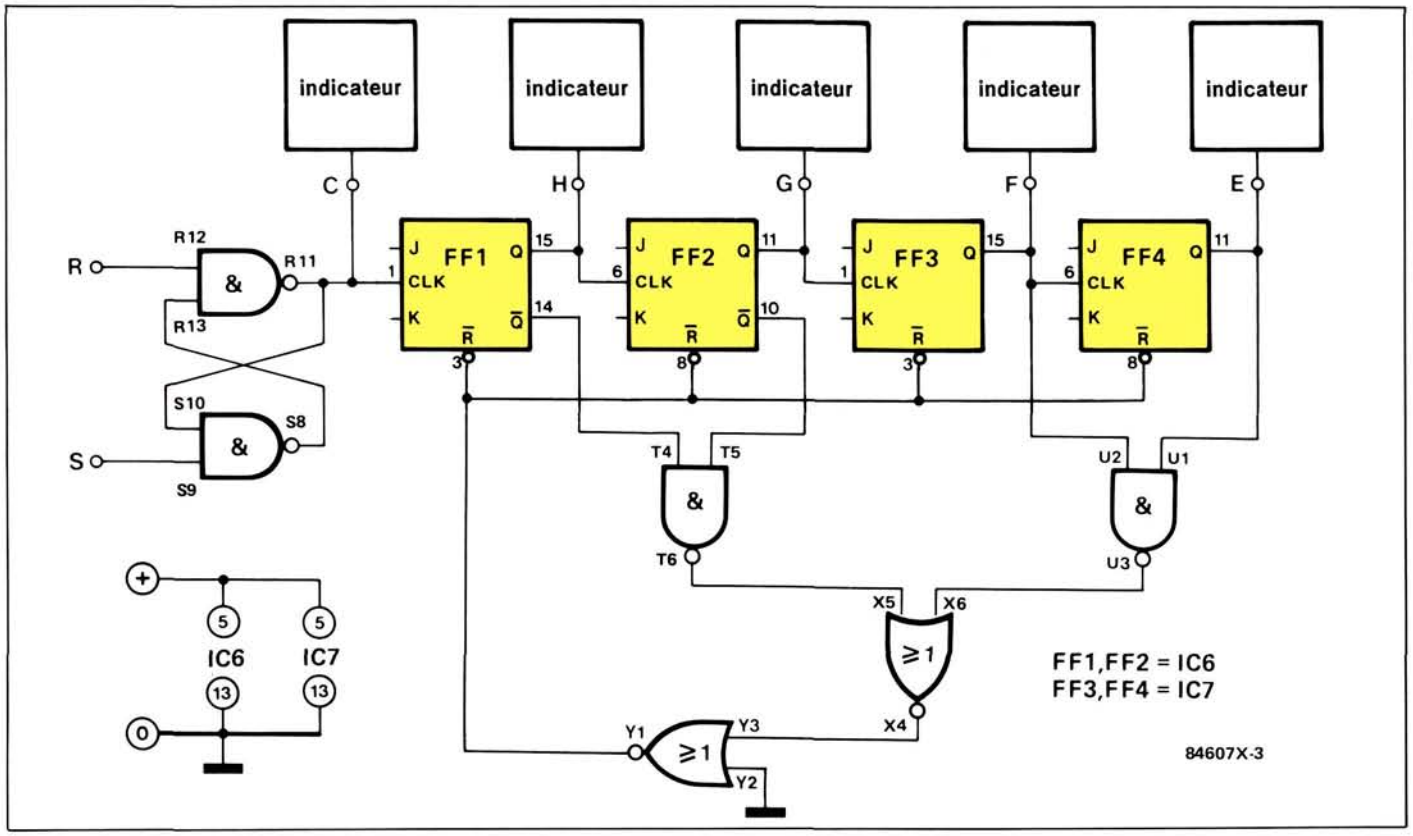
Nous connaissons ce décodeur composé des opérateurs T, U, X et Y, qui détecte la combinaison binaire 1010 et remet aussitôt à zéro les quatre bascules. Si l'on programme le décodeur de telle sorte qu'il détecte par exemple la combinaison 1100, le comptage ne sera plus décimal, mais duodécimal (base 12).

cf. fig. 3 ci-contre

Les décodeurs sont des circuits très importants dans la constitution des ordinateurs. Ceux-là comportent un grand nombre de sous-ensembles (mémoires) et de périphériques (clavier, écran, imprimante, etc) qui doivent communiquer avec l'unité centrale. Or il est hors de question que «tout le monde parle en même temps». C'est pourquoi il est fait appel à des décodages comparables à ceux que nous venons de réaliser. Chacun des organes périphériques de l'ordinateur se voit attribuer un décodeur qui répond à un code particulier. Quand l'unité centrale, c'est le chef, veut communiquer avec l'un des périphériques, il s'adresse à lui et à lui seul («venez donc dans mon bureau») à l'aide du code que détectera le décodeur attribué à ce périphérique et auquel les autres décodeurs restent indifférents.
On rencontre des décodeurs binaires aussi dans des circuits logiques moins évolués que ceux d'un ordinateur. Il y a par exemple le classique décodeur BCD/décimal. Le code BCD (*binary coded decimal*, c'est-à-dire le décimal codé en binaire) est le code binaire qui permet de compter jusqu'à 10. Ce sont les dix premières combinaisons du tableau ci-dessus. Il y a quatre bits pour un chiffre, mais on n'utilise que les dix premières combinaisons possibles de ces quatre bits.

PDF Page Organizer - Foxit Software





décimal	BCD
0	0 0 0 0
1	0 0 0 1
2	0 0 1 0
3	0 0 1 1
4	0 1 0 0
5	0 1 0 1
6	0 1 1 0
7	0 1 1 1
8	1 0 0 0
9	1 0 0 1

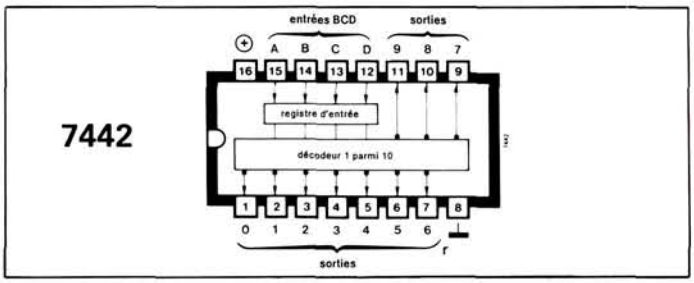
Et après, comment continue-t-on ?
On rajoute simplement un ensemble de quatre bits qui représentent le chiffre des dizaines :

décimal	BCD
10	0 0 0 1 0 0 0 0
11	0 0 0 1 0 0 0 1
12	0 0 0 1 0 0 1 0
13	0 0 0 1 0 0 1 1
14	0 0 0 1 0 1 0 0
15	0 0 0 1 0 1 0 1
16	0 0 0 1 0 1 1 0
17	0 0 0 1 0 1 1 1
18	0 0 0 1 1 0 0 0
19	0 0 0 1 1 0 0 1
20	0 0 1 0 0 0 0 0
21	0 0 1 0 0 0 0 1
22	0 0 1 0 0 0 1 0

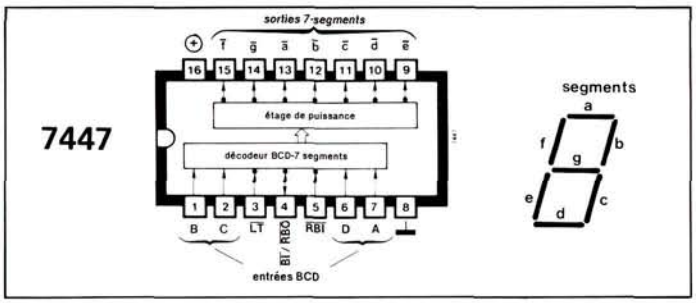
etc

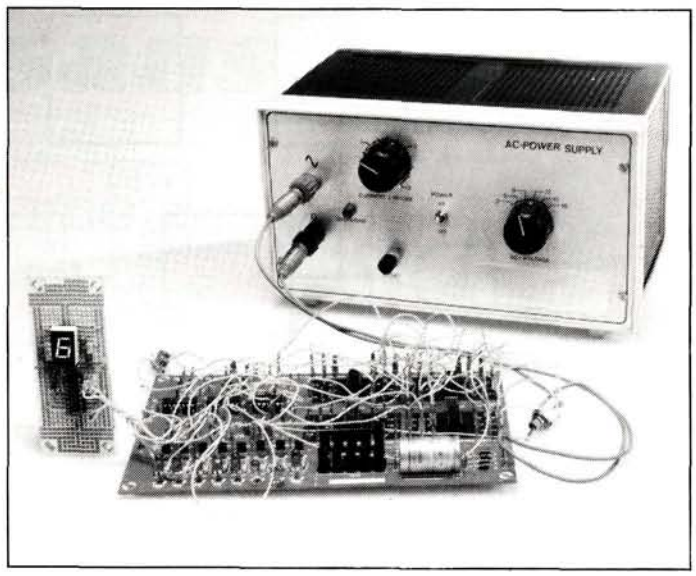
PDF Page Organizer - Foxit Software

Il existe des circuits intégrés qui exploitent les informations codées en BCD.



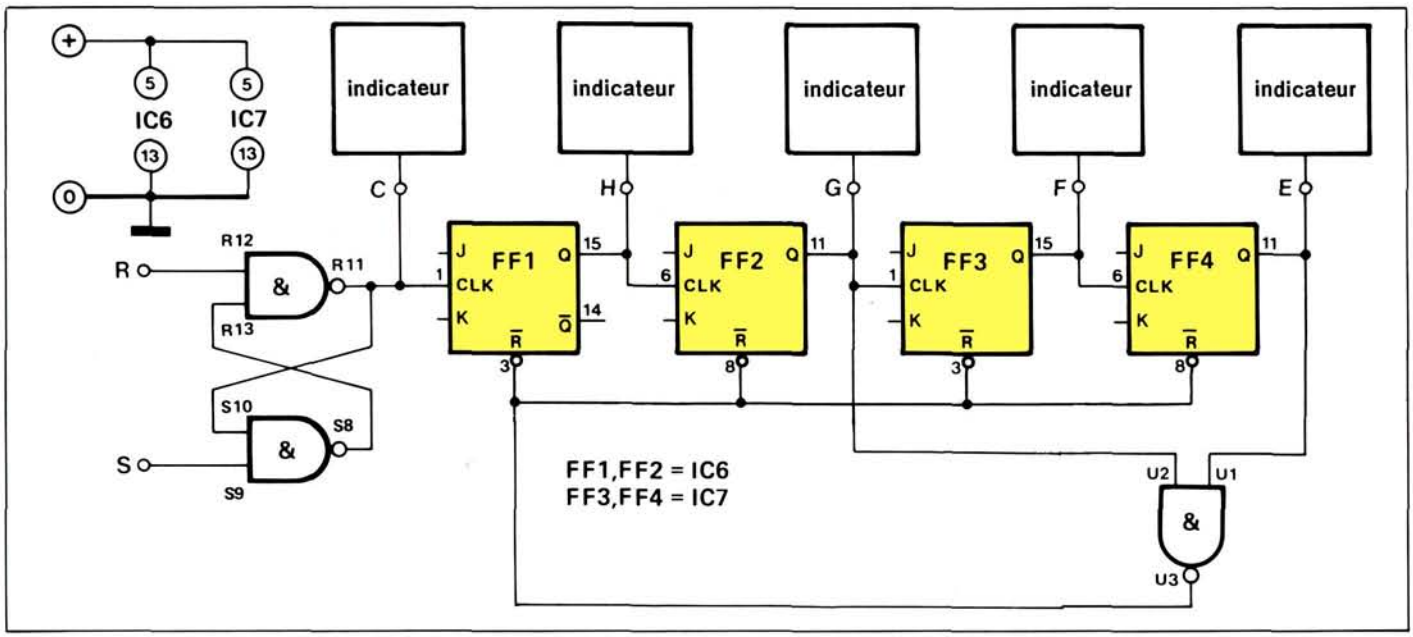
Ce circuit intégré transforme les niveaux relevés aux points E à H de notre compteur en valeurs décimales : il a dix sorties qui au repos sont toutes au niveau logique haut sauf une, à savoir celle dont le code binaire est appliqué sur ses entrées A, B, C et D. Si ces quatre entrées sont à 0, c'est la sortie 0 (broche 1) qui sera basse. Si l'entrée A passe à 1 et que les autres entrées restent à 0, c'est la sortie 1 (broche 2) qui va être activée et passer à 0. La sortie 0 (broche 1) revient au niveau logique haut de repos.
Il existe un autre circuit spécialisé dans l'affichage des valeurs décimales à partir du code BCD.

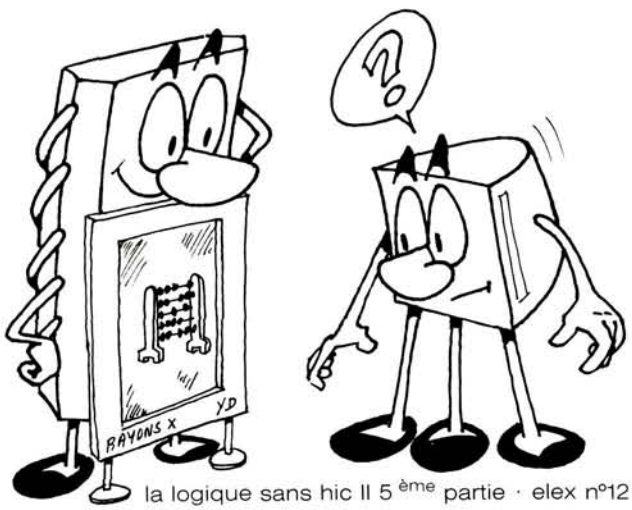




Le 7447 et les autres circuits de sa famille (46, 247, 347) transforment les valeurs BCD qu'ils reçoivent en un ensemble de 7 signaux que l'on peut appliquer à un afficheur à 7 segments disposés en forme de 8 de manière à composer les chiffres de 0 à 9. Vous trouverez ailleurs dans ce numéro la description détaillée de la réalisation d'un tel circuit d'affichage sur lequel vous pourrez voir apparaître en chiffres lumineux les codes binaires produits par notre compteur décimal de la figure 2.

Nous pouvons en simplifier le circuit car les quatre opérateurs logiques n'ont d'autre utilité que de détecter la présence du code 1010_2 (qui correspond au 10). En pratique il suffit de détecter l'arrivée simultanée du 1 en sortie des bascules FF1 et FF3. C'est ce que fait l'opérateur U du circuit suivant :





Ce décodeur simplifié détecte aussi d'autres combinaisons binaires comme par exemple 1110_2 (14_{10}), mais c'est sans importance ici puisque le compteur n'arrive jamais jusque là. Il est remis à zéro en effet chaque fois qu'il arrive à 10. Ce décodage partiel est une mesure d'économie et de simplification fréquente en pratique (la loi du moindre effort . . .), alors que le décodage complet comme par exemple celui de la figure 2, plus complexe et donc plus coûteux, n'est justifié que s'il est vraiment nécessaire. Un circuit de décodage doit toujours être conçu de telle sorte qu'il ne réponde qu'aux codes prévus, et reste insensible aux codes «fantômes». A propos de fantômes, n'oubliez de forcer à 1 les entrées J, K et PRESET de vos 7476 lorsqu'elles sont inutilisées.

84667

PDF Page Organizer - Foxit Software

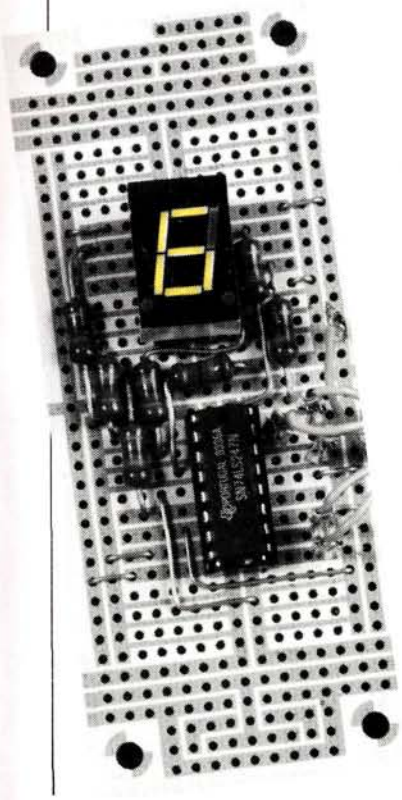
afficheur à 7 segments

L'afficheur à 7 segments dont il est question ce mois-ci dans la rubrique *la logique sans hic* n'est pas à proprement parler un circuit spécifique de cette rubrique. C'est pourquoi il est décrit séparément, et monté sur un circuit d'expérimentation. Une fois que vous l'aurez réalisé, vous pourrez vous livrer à toutes sortes d'expérimentations qui vous familiariseront avec ce genre de circuit. Toute l'électronique de commande, à quelques résistances près, se trouve intégrée dans un boîtier à 16 broches que l'on trouve sous la référence 74LS247. D'un côté de ce circuit, les entrées acceptent l'application directe d'un code binaire à 4 bits (A, B, C et D). De l'autre côté, les sept sorties (a, b, c, d, e, f et g) attaquent directement les segments lumineux d'un afficheur. Ces segments sont toujours disposés de la même manière (en partant d'en haut avec le segment «a» on tourne dans le sens des aiguilles d'une montre pour s'arrêter sur le segment central nommé «g»).

Il existe fondamentalement deux types d'afficheurs à LED-7 segments; ce n'est pas leur taille ni la couleur de leurs segments qui les distingue, mais la polarité des segments lumineuxx qui sont chacun ni plus ni moins qu'une diode électroluminescente. Sept des broches d'un afficheur correspondent à l'une des extrémités de chacun des segments, tandis qu'une huitième broche est commune aux sept segments. Selon le modèle de l'afficheur, on aura sur la broche commune soit l'anode des LED, soit leur cathode. Pour notre afficheur c'est un modèle à anodes communes qu'il faut. Ceci signifie que le pôle positif des sept LED est commun (*common anode* en anglais). Ici la broche 14 de l'afficheur, appelée CA, est en effet reliée à la ligne d'alimentation positive. Le courant qui circule à travers les LED vers les sorties du circuit intégré devra être limité par une résistance montée en série avec chacune des LED (R1 à R7).

La figure 2 montre schématiquement comment se présente une sortie du 74LS247. Il s'agit du collecteur d'un transistor; et comme ce collecteur n'est relié à rien d'autre dans le circuit intégré, on parle de «collecteur ouvert». L'émetteur du transistor est relié à la masse

D'UN TYPE A L'AUTRE, LA DÉNOMINATION ET LA DISPOSITION DES SEGMENTS SONT INVARIABLES



1

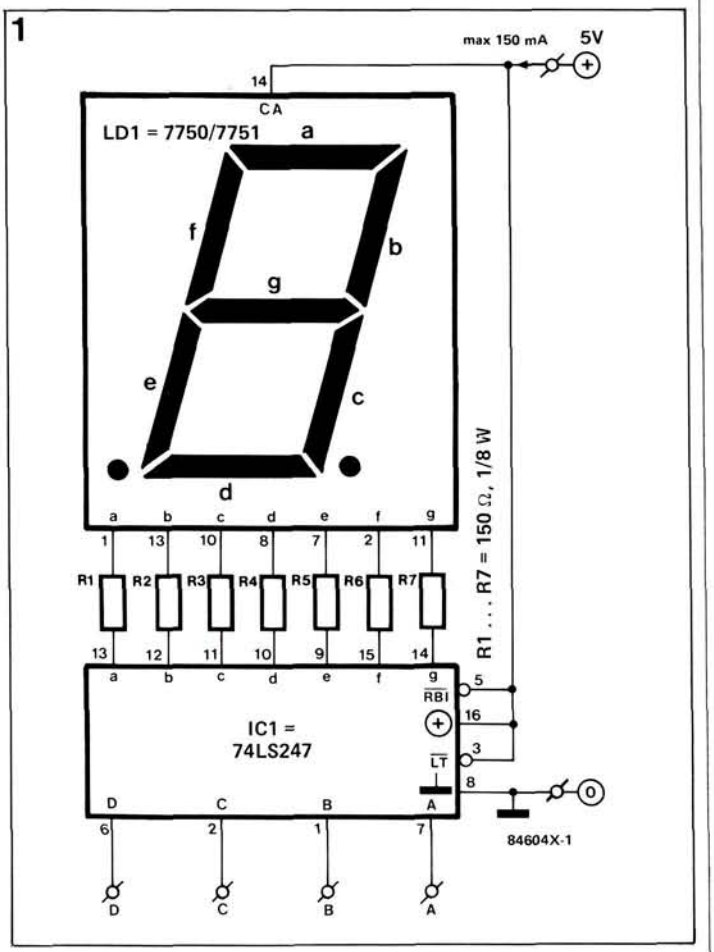
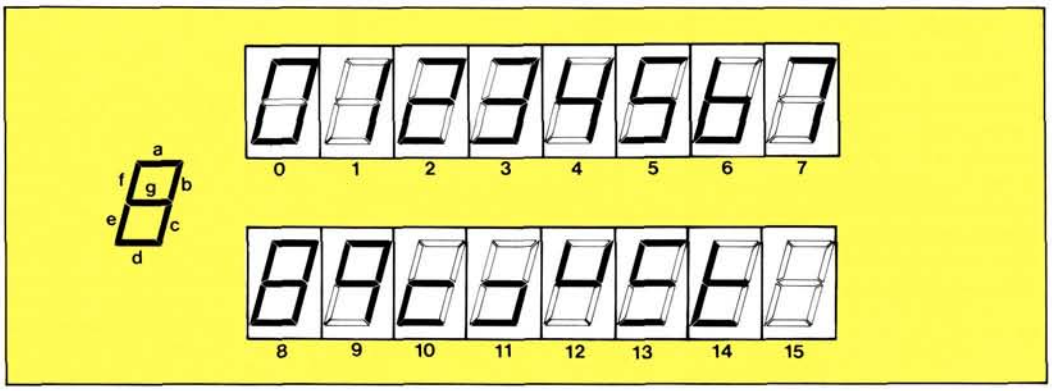


Figure 1 - Un décodeur intégré permet de transformer les codes binaires à 4 bits ABCD en signaux de commande pour afficheurs à 7 segments (a à g). La commande des points décimaux n'est pas prise en charge par le décodeur.



PDF Page Organizer - Foxit Software

commune (broche 8 du circuit intégré). Pour qu'il circule du courant à travers la LED, il faut que le transistor soit conducteur.
Une sortie à collecteur ouvert est donc incapable de fournir du courant, mais elle peut en recevoir. On dit de la sortie du circuit à collecteur ouvert qu'elle draine du courant. *Cette manière de procéder* comporte bon nombre d'avantages que nous aurons encore l'occasion d'analyser plus en détail dans d'autres réalisations ELEX. Entre la sortie et le segment (la LED) se trouve une résistance montée en série dont nous avons déjà indiqué qu'elle limite le courant à une valeur acceptable aussi bien pour l'afficheur que pour le circuit intégré.

QUAND LE TRANSISTOR D'UNE SORTIE A COLLECTEUR OUVERT CONDUIT, CETTE SORTIE DRAINE UN COURANT QUI S'ÉCOULE VERS LA MASSE A TRAVERS LE CIRCUIT INTÉGRÉ

En sortie du décodeur 74LS247 nous avons donc sept transistors à collecteur ouvert. Quand l'un d'entre eux devient conducteur, la LED à laquelle il est relié, s'allume et le segment correspondant s'illumine. La valeur de 150 ohms donnée aux résistances R1 à R7 limite à 20 mA environ l'intensité du courant à travers un segment allumé. Il n'est guère permis d'augmenter ce courant pour gagner en intensité. Il est possible en revanche, si les circonstances l'exigent, de réduire son intensité pour diminuer la luminosité des afficheurs. Il suffit pour cela d'augmenter la valeur des résistances R1 à R7.
Le tableau 1 indique quels sont les segments qui s'allument pour chacune des 16 combinaisons binaires applicables à l'entrée du décodeur. Comme on le voit sur ce tableau, seules les dix premières combinaisons sont utilisables pour un affichage décimal (de 0 à 9). Dans certaines applications où sont utilisés des afficheurs à 7 segments, l'une des autres combinaisons sert parfois pour indiquer qu'il y a quelque chose d'anormal, par exemple une erreur de manipulation.

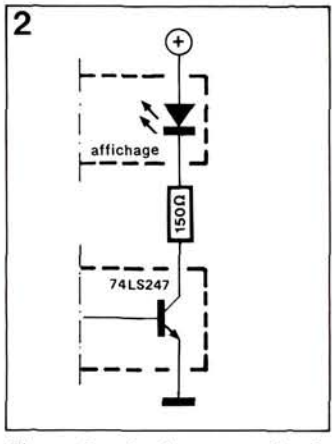
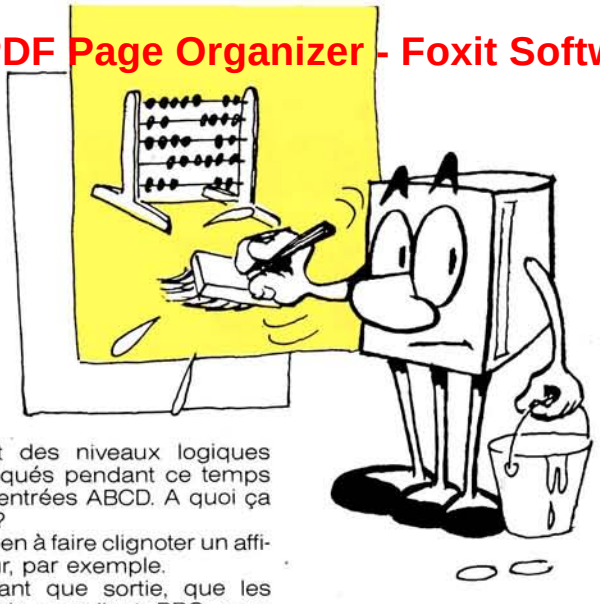


Figure 2 - A chaque sortie du décodeur se trouve en fait un transistor intégré dans le circuit, mais dont le collecteur est «en l'air». Ceci permet notamment d'utiliser un tel décodeur à sorties en collecteur ouvert avec des tensions plus élevées que les 5 V des circuits logiques.
En devenant conducteur, un tel transistor permet à un courant de circuler à travers la LED du segment correspondant qui s'allume. La résistance limite le courant en fonction de la tension d'alimentation.

Fonctions accessoires

Un afficheur à 7 segments possède souvent un point décimal, une virgule si l'on préfère. Celle-ci est inutilisée ici, mais on pourra retenir que sa commande est assurée comme pour les autres segments, à l'aide d'un drain de courant si l'afficheur est à anode commune et à l'aide d'une source de courant si l'afficheur est à cathode commune.
Les broches 3, 4 et 5 du circuit intégré ne sont pas utilisées non plus, mais il est intéressant d'en connaître la fonction. Quand la broche 3 est portée au potentiel de la masse, tous les segments s'allument, ce qui permet de vérifier le bon fonctionnement de l'afficheur. La fonction de la broche 5 est la suppression des zéros non significatifs lorsque plusieurs afficheurs sont montés en parallèle. Ainsi lorsque l'on a par exemple trois afficheurs en parallèle, un nombre à deux chiffres sera affiché sous la forme «12» par exemple (et non «012»), l'afficheur du chiffre des centaines restant éteint si l'on met à 0 l'entrée $\overline{RBI}$ de l'afficheur de gauche (chiffre des centaines). En anglais on parle de *ripple blanking input* pour désigner l'entrée de propagation d'effacement grâce à laquelle on obtient la suppression des zéros non significatifs. Lorsque la broche $\overline{RBI}$ est portée au potentiel de la masse, le décodeur ne réagit plus à la combinaison binaire 0000 appliquée à ses entrées ABCD et n'affiche donc plus le chiffre 0.
Et la broche 4 qui n'apparaît même pas sur le schéma ? C'est à la fois une sortie et une entrée. En tant qu'entrée, elle s'appelle $\overline{BI}$ pour *blanking input* et sert à forcer l'effacement de tous les segments indépendamment des niveaux logiques appliqués pendant ce temps aux entrées ABCD. A quoi ça sert ?
Eh bien à faire clignoter un afficheur, par exemple.
En tant que sortie, que les anglais appellent RBO pour *ripple blanking output*, c'est une sortie de propagation d'effacement. Nous n'entrerons pas ici dans le détail de cette fonction, en nous contentant d'indiquer aux plus curieux d'entre vous qu'elle sert à distinguer les cas dans lesquels un zéro doit rester éteint (par exemple « 2» au lieu de «002») d'autres cas dans lesquels un zéro doit rester allumé (par exemple «102» au lieu de «1 2»). Vous voyez qu'il ne suffit pas de forcer l'entrée $\overline{RBI}$ à zéro une bonne fois pour toutes . . .



La réalisation

Revenons à notre afficheur. Avec le schéma de la **figure 3** vous pouvez réaliser aisément un montage qui vous sera fort utile entre autres pour suivre la rubrique *la logique sans hic*. Des afficheurs, il en existe beaucoup, de tailles et de couleurs différentes. Souvent la luminosité est indiquée par le suffixe, avec une gradation de A (faible luminosité) à E (forte luminosité). Le chiffre du modèle Hewlett-Packard mentionné dans la liste des composants mesure 11 mm de hauteur. Le modèle TEXAS (TIL) est plus petit (8 mm) mais il existe en différentes couleurs : TIL312 = segments rouges, TIL314 = segments verts, TIL316 = segments oranges, TIL339 = segments jaunes.
Pour obtenir la lisibilité optimale, il faut tenir compte, plus encore que de la taille, de la couleur et de la luminosité qui ont certes leur importance, du **contraste** autour des afficheurs. En plein soleil par exemple, un afficheur à sept segments reste lisible à condition qu'il soit placé dans un environnement aussi sombre que possible. C'est pourquoi nous vous recommandons de placer sur l'afficheur un petit carré de plastique transparent mais fortement coloré de la couleur des segments eux-mêmes. Une chute de plexiglas coloré peut aussi faire l'affaire. 84604X

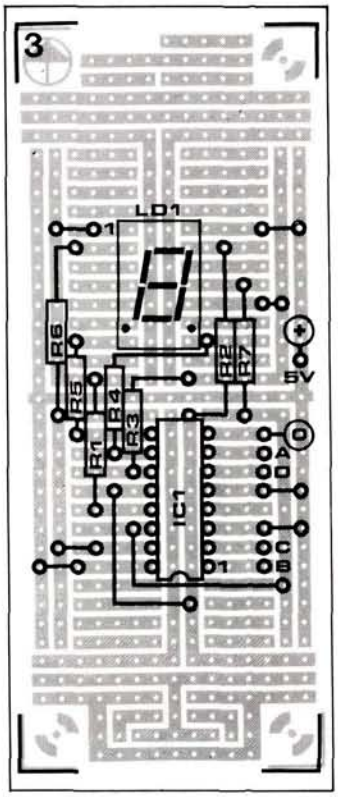


Figure 3 - Il faut préparer quelques ponts de câblage et couder quelques résistances pour caser le circuit d'affichage à 7 segments sur une platine d'expérimentation.

LISTE DES COMPOSANTS

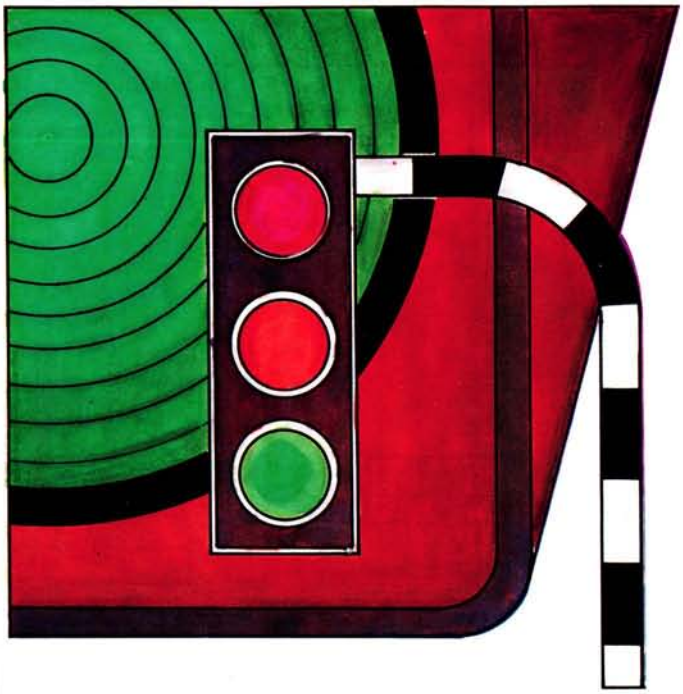
R1 à R7 = 150 Ω 1/8 W

IC1 = 74LS247

LD = afficheur à 7 segments **à anode commune** (CA = *common anode*) DL7750, DL7751, HP5082-7751, TIL312, TIL314, TIL316 ou TIL 339

Divers :
1 platine d'expérimentation de format 1
supports pour circuits intégrés

PDF Page Organizer - Foxit Software



Feux tricolores

Les montages destinés au modélisme se sont déjà fait une place de choix dans Elex. Certains lecteurs, à en juger par leur courrier, la trouvent encore trop chichement mesurée. Voici donc, dans notre série *Modélisme quand tu nous tiens*, la réalisation d'une commande automatique de feux de circulation. La description va nous donner l'occasion de commenter l'application pratique d'une part des compteurs décrits dans la rubrique *La logique sans hic* et d'autre part d'une matrice à diodes.

La matrice est conçue, nous verrons comment dans un instant, pour donner aussi bien la séquence ordinaire vert-orange-rouge en usage en France (et dans beaucoup d'autres pays) que la séquence spéciale allemande à quatre phases : rouge, rouge et orange, puis vert, pendant que sur la voie transversale se déroule la séquence vert, orange, rouge.

Le passage en feux orange clignotants sur les deux voies ne présentait d'intérêt ni du point de vue de l'électronicien (un simple oscillateur), ni du point de vue du modéliste, c'est pourquoi le montage n'en prévoit pas la possibilité.

Le schéma d'ensemble

Le schéma d'ensemble ne comprend que trois blocs fonctionnels, représentés sur la **figure 1**.

L'horloge
Le bloc A est une horloge, comme nous en trouvons dans tous les circuits de logique séquentielle. Notre horloge ne donne pas l'heure, ni d'été ni d'hiver, mais une référence de temps nécessaire pour faire commuter au bon moment les circuits qui alimentent les feux. Il s'agit d'un oscillateur qui délivre un signal rectangulaire de fréquence 0,33 Hz. En d'autres termes, sa sortie présente un front montant, ou passage de zéro à un, toutes les trois secondes.

Le compteur
Le bloc B est un compteur décimal sensible aux fronts montants appliqués à son entrée d'horloge. Il comporte dix sorties (Q0 à Q9), activées l'une après l'autre par le signal d'horloge. La première sortie (Q0) est activée par le premier front montant du signal d'horloge (la valeur logique «un» correspond à la tension positive d'alimentation). L'impulsion suivante fait repasser la première sortie (Q0) à zéro (tension de la masse) et simultanément la deuxième (Q1) à un.

La *simultanéité* est une notion relative; le passage des sorties d'un état à l'autre est simultané tant qu'on ne l'observe qu'à l'oeil nu. Si en revanche l'observation se faisait avec des appareils suffisamment rapides, des décalages de plusieurs dizaines de nanosecondes seraient mis en évidence. Des milliardièmes de seconde, même par dizaines, comparés à des durées de l'ordre de plusieurs secondes, n'ont aucune signification dans une application comme celle-ci. Nous considèrerons donc les commutations internes du circuit comme parfaitement simultanées.

La troisième impulsion détermine le passage de la troisième sortie (Q2) à l'état un, en même temps que la

Tableau 1

Potence 1			Potence 2		
D21 rouge	D22 vert	D23 orange	D24 rouge	D25 vert	D26 orange
1	0	0	0	1	0
1	0	0	0	0	1
1	0	1/0	1	0	0
0	1	0	1	0	0
0	0	1	1	0	0
1	0	0	1	0	1/0
1	0	0	0	1	0

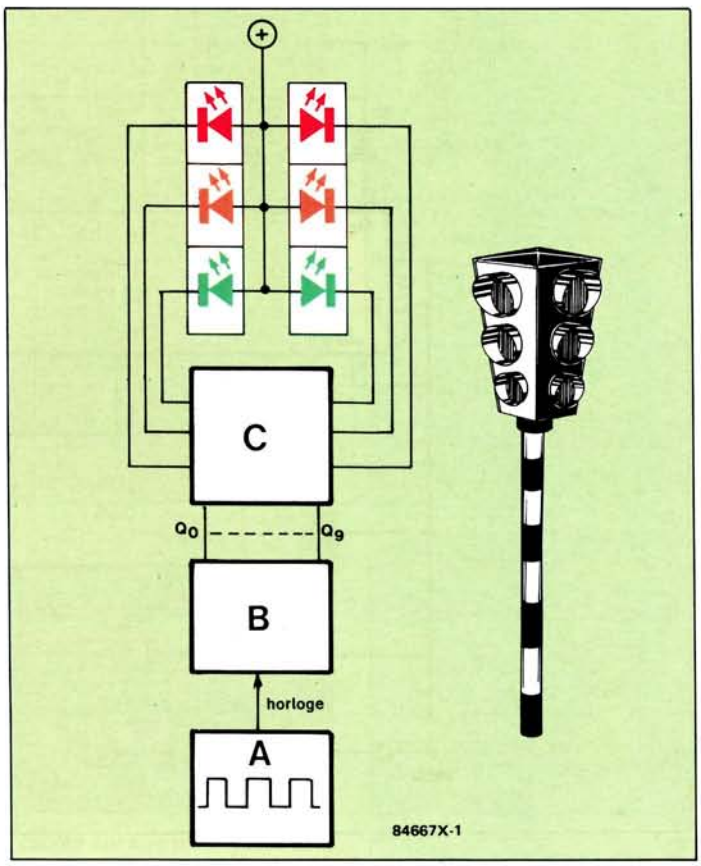


Figure 1 - Le circuit de commande automatique de feux de circulation est constitué de trois blocs. A : générateur d'horloge; B : compteur décimal; C : sélection des LED et étage de puissance.

PDF Page Organizer - Foxit Software

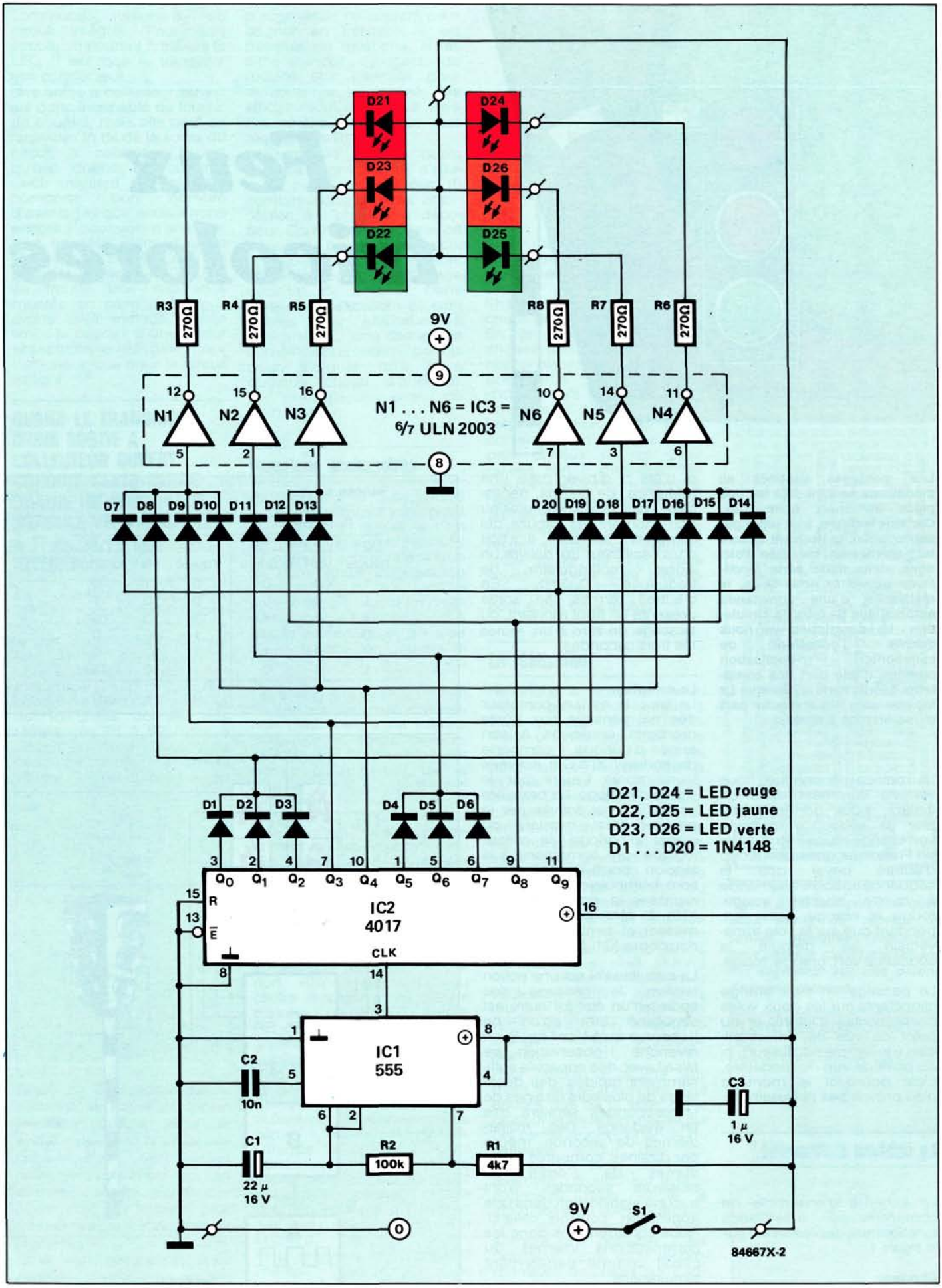


Figure 2 - Le compteur décimal IC2 change l'état de ses sorties à chaque impulsion d'horloge. La différence de durée entre les différentes phases de la séquence résulte de la mise en parallèle par l'intermédiaire de diodes de plusieurs sorties du compteur. Ces diodes, repérées D1 à D6, empêchent la sortie active de forcer à 1 les autres sorties. Les diodes D7 à D20 réalisent le codage du signal de commande des étages de puissance.

PDF Page Organizer - Foxit Software

remise à zéro de la deuxième sortie.

Ces commutations successives continuent jusqu'à la dixième impulsion, qui active la sortie Q9. La onzième impulsion marque le début d'une deuxième séquence : le compteur décimal retrouve son état initial, avec la première sortie (Q0) activée et toutes les autres à zéro.

Le codage

Chaque potence porte trois LED, rouge, orange, verte, qui figurent les feux. Le codage consiste à faire correspondre à chaque phase de la séquence l'allumage des feux adéquats. Le bloc C comporte la matrice à diodes qui effectue le codage et l'étage de puissance nécessaire à l'alimentation des LED. En effet, le compteur en technologie CMOS est incapable de débiter ou de drainer les courants relativement importants des LED.

Le schéma détaillé

Les trois blocs du schéma d'ensemble sont facilement reconnaissables sur le schéma détaillé de la **figure 2**.

L'horloge est constituée d'un oscillateur intégré (IC1) de type 555 que nous connaissons déjà. Utilisé en multivibrateur astable, il délivre un signal rectangulaire disponible à la broche 3. La valeur de R1, R2 et C1 détermine une période de quelque 3 secondes et un rapport cyclique de 1/1. C'est-à-dire que la durée de l'impulsion est égale à la durée du repos.

Les fronts montants qui nous intéressent se présentent toutes les trois secondes à l'entrée d'horloge (broche 14) du compteur décimal IC2.

Le compteur est un circuit intégré CMOS de type 4017. Il avance d'une position à chaque impulsion. Les entrées de remise à zéro et de validation (R et $\overline{E}$, broches 13 et 15), connectées à la masse, sont maintenues au niveau logique zéro. Cette condition est nécessaire pour que les sorties Q0 à Q9 soient activées l'une après l'autre.

Les diodes D1 à D20 sont organisées en matrice pour réaliser le codage des sorties. La table de vérité de la matrice est conforme au tableau 1. La fonction "amplificateur de puissance" est remplie par le circuit intégré IC3, de type ULN 2003, dont nous parlerons plus loin.

Les signes 1 du tableau représentent les LED allumées, les 0 les LED éteintes. La correspondance entre les deux potences, chacune étant disposée sur une voie, se lit sur chaque ligne. Pendant que la potence 1 affiche rouge, la deuxième affiche vert (première ligne), puis orange, car il faut toujours interdire le passage sur la voie 1 pendant que la voie deux se prépare à l'arrêt (deuxième ligne). La septième ligne représente le début de la deuxième séquence et est donc identique à la première.

Le 1/0 de D23 dans la troisième ligne et celui de D26 dans la sixième ligne correspondent à l'option internationale : 1 pour la version allemande avec un feu orange lors du passage du rouge au vert, et 0 pour la version française sans feu orange entre le rouge et le vert.

C'est cette table de vérité qui est transcrite dans la matrice de diodes connectée aux sorties du compteur. Examinons le fonctionnement pour deux lignes du tableau. La première indique que ce sont D21 et D25 qui doivent être allumées. La première impulsion d'horloge fait passer Q0 à 1, ce qui rend conductrice la diode D1, et par elle les diodes D8 et D18. Les entrées de N1 et N5 sont activées et les LED D21 et D25 allumées.

Les inverseurs N1 à N7 font partie de IC3. Ce circuit intégré d'interface n'est pas un circuit logique ordinaire.

L'ULN2003 comporte sept éléments identiques remplissant certes la fonction d'inverseurs logiques, mais il s'agit en fait de transistors Darlington à collecteur ouvert munis d'une résistance en série dans la connexion de base (broche d'entrée) et d'une résistance base-émetteur. La connexion de collecteur est disponible sur la broche de sortie. Le gain nominal des Darlington de l'ULN 2003 est de 500 et leur courant de collecteur maximal de 0,5 A. Ces caractéristiques permettent de faire circuler le courant nécessaire dans les LED (une dizaine de milliampères) tout en ne demandant qu'un courant minime (le courant de base) aux sorties du compteur.

L'intensité dans les LED est limitée par les résistances R3 à R8. L'anode de toutes les LED est raccordée en permanence au pôle positif de l'alimentation (comme dans un afficheur à anode commune).

Les diodes D2-D3 et D5-D6 fonctionnent de façon identique aux diodes D1 et D4 respectivement, elles alimentent les diodes D8 et D18. L'état des LED consigné sur la première ligne est donc obtenu pendant trois périodes de l'horloge, celles qui correspondent à l'état 1 des sorties Q0, Q1 et Q2. Le changement se produit à l'arrivée de la quatrième impulsion. On passe alors à la ligne 2 du tableau.

La quatrième impulsion provoque le passage à 1 de la sortie Q3. Le feu rouge de la potence 1 reste allumé, puisque Q3 maintient à 1, par la diode D9, l'entrée de N1. Il en va autrement pour la potence 2 : l'entrée de N5 n'est plus alimentée et la LED D25 (feu vert) s'éteint. Le niveau logique 1 de Q3 est transmis par D19 à l'entrée de N6, de sorte que la LED D26 (feu orange) s'allume.

La cinquième impulsion provoque le passage à 1 de la sortie Q4. Le feu rouge de la potence 1 reste allumé (D10), et celui de la potence 2 s'allume : l'entrée de N6 n'est plus alimentée et la LED D26 (feu orange) s'éteint, tandis que le niveau logique 1 de Q4 est transmis par D17 à l'entrée de N4. Maintenant la LED D24 (feu rouge) s'allume. Sur la potence 1, la LED D23 (feu orange) s'allume aussi si la diode D13 est implantée, car le niveau 1 de Q4 est alors appliqué à N3; c'est la configuration allemande. Si l'on supprime D13, on obtient la configuration française : le feu est rouge sur les deux potences, mais dès l'impul-

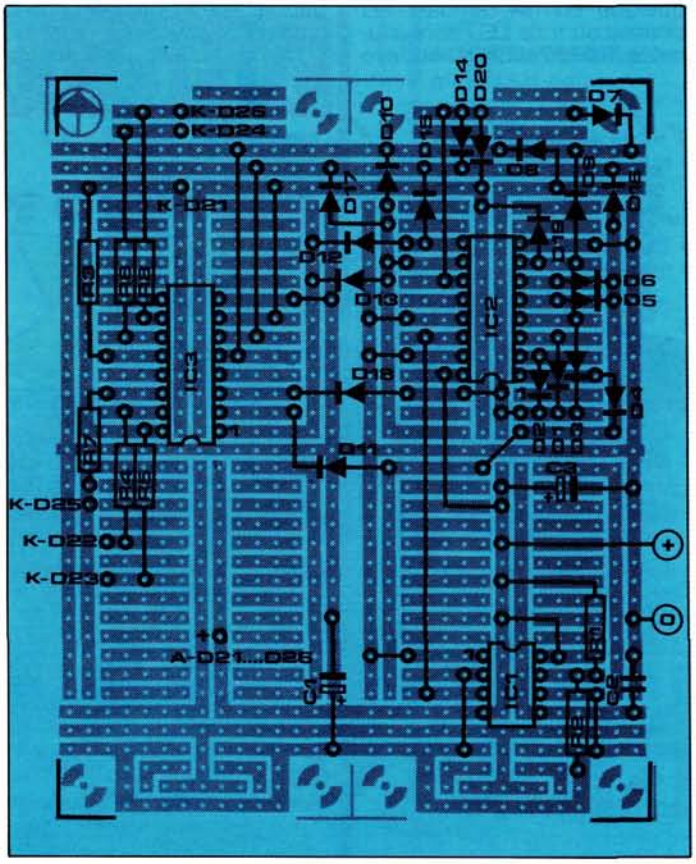


Figure 3 - La commande de feux est câblée sur une platine standard de format 2. La câblage ne présente pas de difficulté particulière, si l'on excepte le grand nombre de composants polarisés qui réclament une attention soutenue. L'alimentation sera fournie par un bloc extérieur.

LISTE DES COMPOSANTS

R1 = 4,7 kΩ
R2 = 100 kΩ
R3 à R8 = 270 Ω (voir texte)
C1 = 22 µF/16 V
C2 = 10 nF
C3 = 1 µF/16 V
D1 à D20 = 1N4148
D21,D24 = LED rouge
D22,D25 = LED verte
D23,D26 = LED orange
IC1 = 555 (circuit intégré temporisateur)
IC2 = 4017 (circuit intégré compteur décimal)
IC3 = ULN2003 (réseau de 7 Darlington intégrés)

Divers :

1 platine d'expérimentation ELEX de format 2 (80 x 100 mm)
9 picots à souder
2 supports pour circuit intégré à 16 broches
1 support pour circuit intégré à 8 broches
fil de câblage souple, fil rigide, potences, alimentation, petits accessoires de montage

La tension de service indiquée sur les condensateurs chimiques utilisés sera égale ou supérieure à la valeur spécifiée dans la liste des composants.

PDF Page Organizer - Foxit Software

sion d'horloge suivante, les choses vont changer.

Quand la sortie Q5 passe au niveau 1, celui-ci est appliqué à l'entrée de N2 par D4 et D11 et à l'entrée de N4 par D4 et D16; sur la potence 2 le feu reste rouge tandis que sur la potence 1 il devient vert.

Vous pouvez suivre ainsi le fonctionnement pour les impulsions suivantes, jusqu'à la onzième, en vérifiant ligne par ligne la concordance de la séquence avec la table de vérité du tableau 1. La deuxième diode à supprimer pour obtenir la configuration française est D20 : celle-ci commande la LED orange D26 de la potence 2 quand le feu rouge va passer au vert (Q9 = 1) tandis que sur la potence 1 D7 a déjà allumé le feu rouge. Le cas échéant, les diodes D13 et D20 sont purement et simplement supprimées (et non pas remplacées par un pont de câblage !).

La construction

Le circuit entier, exception faite des LED, trouve place sur une platine d'expérimentation de format 2 (80 x 100 mm). La position de chaque composant est visible clairement sur le plan d'implantation de la **figure 3**. L'orientation de certains composants est importante, pour les circuits intégrés bien sûr, mais aussi pour les condensateurs électro-chimiques et pour les diodes. Les circuits intégrés sont à monter sur des supports. L'implantation sur la platine se fera dans l'ordre habituel : ponts en fil, résistances, condensateurs, diodes, puis supports de circuits intégrés et picots à souder. Les picots ne sont pas indispensables mais permettent de travailler plus confortablement. L'essentiel est que tous les raccordements de la platine avec l'extérieur soient (bien) faits. Commencez par relier l'anode de toutes les LED au point marqué "A-D21 à D26" (pôle positif de l'alimentation). Les cathodes ne sont pas reliées ensemble, mais chacune à un point précis de la platine, repéré K-D21 à K-D26.

Il ne manque qu'une tension d'alimentation pour que vous puissiez procéder aux premiers essais de vos feux tricolores. Un pile de 9 V suffit.

Sitôt la pile connectée, des LED s'allument. La phase par laquelle la séquence débute est une question de hasard. Si aucune LED ne s'allume, ou qu'une combinaison invalide se présente, c'est que le câblage présente un défaut, probablement dans la matrice de diodes D1 à D20. La faute la plus courante est l'inversion de polarité d'une ou plusieurs diodes.

L'alimentation

La pile convient parfaitement pour les essais, mais pas pour une utilisation prolongée, car les LED sont plutôt gourmandes. La consommation totale est de quelque 60 mA pendant les phases où trois LED sont allumées. La solution rationnelle est de réaliser une petite alimentation secteur, que vous pouvez choisir dans les alimentations standard présentées dans ce numéro.

Comme il est probable que le réseau miniature où les feux seront installés en comporte plusieurs exemplaires, en plus d'autres montages, vous choisirez l'intensité maximale de votre alimentation en fonction de la demande totale. Sachez aussi que, bien que la tension spécifiée sur le schéma de la figure 2 soit de 9 V, le circuit de feux tricolores fonctionne très bien avec une alimentation de 8 V ou même de 5 V.

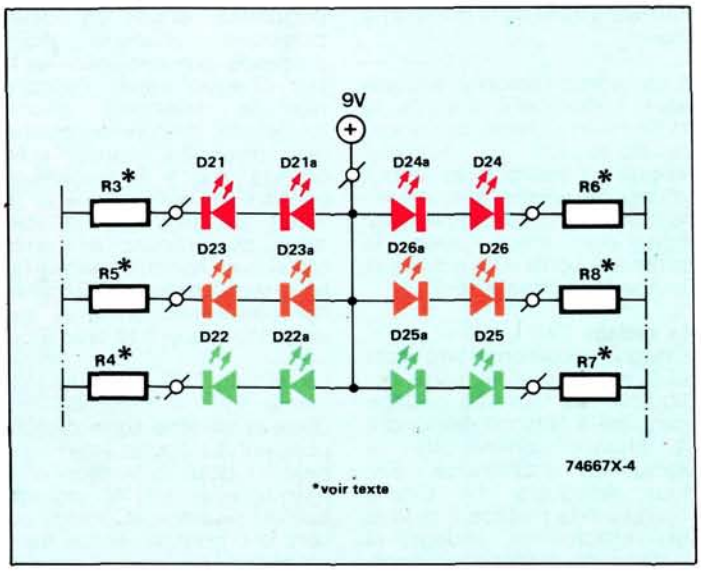


Figure 4 - Pour ajouter deux potences supplémentaires, il suffit de monter une LED en série avec chacune des LED déjà installées. Suivant la tension d'alimentation et la luminosité désirée, il conviendra de modifier ou non la valeur de la résistance de limitation de courant.

Les potences supplémentaires

Nous n'avons considéré jusqu'à présent qu'une seule potence par voie, soit deux pour un carrefour. Or il est nécessaire d'équiper le carrefour de deux potences par voie, une pour chaque sens de circulation. Comme deux potences installées sur la même voie donnent les mêmes indications, rien n'est plus logique que de connecter en série les LED homologues (pourquoi pas homochromes ?) des deux potences. C'est ce que représente la **figure 4**. La LED D21 s'allume en même temps que la LED D21a; de même pour D22 et D22a, et ainsi de suite.

Naturellement, leur luminosité diminue du fait de ce montage en série. Il suffit de faire passer de 270 Ω à 180 Ω la valeur des résistances R3 à R8 pour redonner aux LED leur luminosité d'origine. Le montage en série permet de ne pas augmenter la consommation de courant et de conserver l'alimentation telle quelle.

84667